



254

كوكب الأرض

● نقطة زرقاء باهتة - رؤية لمستقبل الإنسان في الفضاء

تأليف: كارل ساجان

ترجمة: د. شهرت العالم

مراجعة: حسين بيومي

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

صدرت السلسلة في فبراير 2000 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 ـ 1990

254

كوكب الأرض

نقطة زرقاء باهتة - رؤية لمستقبل الإنسان في الفضاء

تأليف: كارل ساجان

ترجمة: د. شهرت العالم

مراجعة: حسين بيومي



المحتوى

المحتوى
المحتوى
المحتوى

المحتوى

المحتوى

مقدمه المتجولون

كنا منذ البدء متجولين. عرفنا موقع كل شجرة في مدى مائة ميل. وكنا هناك، حين كانت تنضج الفاكهة أو الجوز. تتبعنا قطعان الحيوانات أثناء هجرتها السنوية. واستمتعنا بلحمها الطازج. وبأسلوب التسلل خلسة، واستخدام سبل المكر والخداع، والهجوم من المكامن، والانقضاض الجسماني القوي، كان عدد قليل منا يحقق، بتعاونه المشترك، ما كان الكثيرون لا يقدرون على إنجازه إذا ما خرج أي منهم للصيد بمفرده. كنا نعتمد بعضنا على بعض. وبقدر ما كان تصور الخروج المنفرد للصيد أمرا يثير السخرية، كان الشيء نفسه يصدق على عملية الاستقرار.

لقد استطعنا بتكاتفنا معا أن نحمي أطفالنا من الأسود والضباع. كما قمنا بتعليمهم المهارات واستخدام الأدوات التي قد يحتاجون إليها. وبعدئذ، كانت التكنولوجيا، كما هي الحال الآن، مفتاح السبيل إلى بقائنا.

وفي فترات الجفاف الطويلة، أو عند سريان نفحة برد متقلبة في هواء الصيف، كانت جماعتنا تبدأ في الانتقال ـ وأحيانا إلى أراض مجهولة. كنا نبحث عن مكان أفضل. وعندما يتعذر علينا التآلف مع باقي أفراد جماعتنا الهائمة الصغيرة، كنا نتركها بحثا عن جماعة أخرى، أكثر ودا وصداقة، في بقعة أخرى، استطعنا دائما أن نبدأ من جديد.

ولكن أخبرني من هم هؤلاء المتجولون...؟

رينر ماريا ريلكه

«المرثية الخامسة» (العام 1923)

ومنذ أن وجد نوعنا، كنا، في 99,9٪ من الوقت صيادين وهائمين على وجوهنا بحثا عن الطعام، متجولين بين مروج السافانا والإستبس. ولم يكن هناك آنئذ حرس حدود أو مسؤولو جمارك. فالحدود كانت في كل مكان. وكنا مقيدين فحسب باليابسة والمحيط والسماء ـ وأحيانا، ببعض الجيران سيئي الطباع.

بيد أنه حين كان المناخ ملائما والطعام وفيرا، كنا نرغب في البقاء بموقعنا ولا نبرحه، ولا نغامر. ويزداد وزننا بإفراط. ونحيا غير مبالين. وخلال السنوات العشرة آلاف الماضية ـ وهي ليست سوى لحظة في تاريخنا الطويل ـ هجرنا حياة الترحال. واستأنسنا النبات ودجنا الحيوانات. فلماذا تسعى خلف الطعام عندما تجعله يأتي إليك؟

ونتيجة لما تمتعنا به من مزايا مادية بفضل حياة الاستقرار، فقد أصبحنا سريعي الغضب وغير مشبعي الحاجات. ولكننا، حتى بعد مرور أربعمائة جيل في القرى والمدن لم ننس. فما يزال الطريق المفتوح ينادي برفق، مثل أغنية طفولة منسية تقريبا. إننا نضفي رومانسية ما على الأماكن النائية. وفي ظني أن الإغراء صيغ بدقة بالغة خلال الانتخاب الطبيعي، كعنصر جوهري في بقائنا. فالأصياف الطويلة، والأشتية المعتدلة، والحصاد الغني، والصيد الوفير ـ لا يدوم أي منها للأبد. إن التنبؤ بالمستقبل يفوق قدراتنا. وللأحداث الكارثية أسلوبها في التسلل إلينا خفية وإصابتنا في غفلة منا. إن حياتك أو حياة جماعتك أو حتى حياة نوعك قد تكون مدينة لزمرة محدودة العدد مفعمة بالقلق ـ يحركها توق شديد، يصعب عليها تبيانه أو إدراكه ـ نحو الأراضي غير المكتشفة والعوالم الجديدة.

لقد عبّر هيرمان ميلفيل، في رواية موبي ديك، عن المتجولين في العصور والبقاع كافة قائلا: «تعذبني اللهفة الدائمة للأشياء البعيدة. وأحب الإبحار في البحار المحرمة...».

كان العالم المعروف بالنسبة لليونانيين والرومان القدماء يضم أوروبا وجزءا بسيطا من آسيا وأفريقيا، يحيط بها جميعا محيط عالمي يتعذر اجتيازه. وكان يمكن أن يلتقي المسافرون منهم بكائنات أدنى مرتبة تسمى الهمج، أو أعلى مرتبة تسمى الآلهة. كان لكل شجرة حوريتها، ولكل منطقة بطلها الأسطوري. ولكن لم يكن هناك، في البداية على الأقل، العديد من

الآلهة، ربما عشرات قليلة فحسب، تعيش فوق الجبال أو تحت الأرض، في البحر أو في الأعالي هناك في السماء. وكانت الآلهة تبعث رسائل للناس، وتتدخل في شؤون البشر، وتتزاوج منهم.

ومع مرور الزمن، وكلما تسارعت قدرة الإنسان على الاستكشاف، ظهرت المفاجآت. فالبربر يستطيعون امتلاك مهارات الإغريق والرومان نفسها. أما أفريقيا وآسيا، فقد اتضح أنهما أكبر مما كان متصورا. والمحيط العالمي،لم يكن من المتعذر اجتيازه. كما كان هناك سكان الأجزاء المقابلة من الكرة الأرضية [1]. ووجدت ثلاث قارات جديدة، كان الآسيويون يسكنون فيها خلال العصور الماضية، ولم تصل أخبارهم إلى أوروبا أبدا. وكان يدعو إلى الإحباط أيضا صعوبة العثور على الآلهة.

حدثت أول هجرة بشرية واسعة النطاق، من العالم القديم إلى العالم الجديد، في أثناء العصر الجليدي الأخير، أي منذ 11500 سنة تقريبا، عندما أدى تنامي قمم القطب الجليدي إلى ضحالة مياه المحيطات بحيث أصبح السير ممكنا على أرض جافة تمتد من سيبيريا إلى ألاسكا. وبعد مرور ألف عام، وصلنا إلى تييرا دل فويجو، الرأس الجنوبي لأمريكا الجنوبية. ولقد قام المغامرون من إندونيسيا، قبل كولومبس بفترة طويلة، باستكشاف الجانب الغربي من المحيط الهادي باستخدام زوارق الكنو [2] ذات المساند، كما قام البعض من بورنيو بالاستقرار في مدغشقر. أما المصريون والليبيون فقد أبحروا مطوفين حول أفريقيا، كما نجح أسطـول ضخم من سفن الينك [3]، التي تبحر عبر المحيط، في اجتياز المحيط الهندي من الصين، حيث سلالة منج الحاكمة، مؤسسا قاعدة في زنزبار، ثم دار حول رأس الرجاء الصالح ودخل إلى المحيط الأطلنطي. وقد استطاعت السفن البحرية الأوروبية، خلال الفترة الواقعة بين القرنين الخامس عشر والسابع عشر، اكتشاف قارات جديدة (كانت بأي حال جديدة بالنسبة للأوروبيين)، وأبحرت مطوفة حول الكوكب. وفي القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، تسابق المستكشفون والتجار والمستوطنون الأمريكيون والروس غربا وشرقا عبر قارتين ضخمتين، متجهين نحو المحيط الهادي. إن متعة الاستكشاف وتسخير الطبيعة، مهما كان طيش أصحابها، تتسم بقيمة حية جلية. إنها لا تقتصر على أمة واحدة أو جماعة عرقية بعينها، بل هي موهبة طبيعية يشترك

فيها أفراد الجنس البشري جميعهم.

ومنذ ظهورنا للمرة الأولى، قبل بضعة ملايين من السنين، في شرق أفريقيا، كنا نهيم على وجوهنا، ونطوف في أنحاء الكوكب كافة. أما الآن، فهناك أناس في كل قارة وفي أبعد الجزر، من القطب إلى القطب، من قمة جبل إفرست إلى البحر الميت، وفوق قيعان المحيطات، بل وحتى أحيانا في مسكن يصل ارتفاعه إلى 200 ميل ـ إن البشر، مثلهم مثل آلهة الزمن الماضي، يعيشون في السماء.

ويبدو في أيامنا هذه أنه لا يوجد مكان أو موقع، على الأقل فوق كوكب الأرض، لم يكتشف بعد. وبوصفهم ضحايا لنجاحاتهم ذاتها، يمكث المستكشفون الآن كل الوقت تقريبا في أوطانهم.

لقد شكلت الهجرات البشرية الواسعة ـ وبعضها اختياري ومعظمها إجباري ـ الظرف البشري. فالكثيرون منا يفرون من الحروب والاضطهاد والمجاعات اليوم أكثر من أي وقت آخر في تاريخ البشرية. ومع ما سيشهده مناخ كوكب الأرض من تغيرات في العقد المقبل. من المرجح زيادة أعداد اللاجئين بدرجة كبيرة لأسباب بيئية. ولسوف تظل المواقع الأفضل تدعونا دائما. كما ستتواصل تدفقات تيارات البشر وانحسارها عبر أنحاء الكوكب. ولكن البقاع التي نهرع إليها الآن مأهولة بالفعل بالسكان. فهناك آخرون في تلك البقاع من قبلنا ولا يتعاطفون غالبا مع وضعنا.

في أواخر القرن التاسع عشر، كان ليب جروبر يكبر في أوروبا الوسطى بإحدى المدن النائية في الإمبراطورية النمساوية ـ المجرية القديمة الضخمة المتعددة اللغات. وكان والده يبيع الأسماك حين يتيسر له ذلك، فقد كان يمر بفترات عصيبة عادة. وفي شبابه، كان حمل الأفراد لعبور نهر بج القريب الوظيفة الشريفة الوحيدة التي استطاع ليب أن يجدها. وكان الزبون، ذكرا أو أنثى، يصعد فوق ظهر ليب، الذي كان يرتدي حذاء ثمينا عالي الساق، هو أداة تجارته، ويخوض عبر النهر من جانبه الضحل حتى يصل براكبه إلى الشاطئ المقابل. وفي بعض الأحيان، كان الماء يصل إلى خصره. لم تكن هناك أي جسور أو عبارات. وكانت الخيول تستطيع أداء هذه المهمة، ولكن كانت لها استخدامات مختلفة. هذا هو نوع العمل الذي كان متاحا أمام ليب وبعض الشباب من أمثاله. فلم تكن لهم فوائد أخرى، ولم يكن متاحا

أمامهم أي عمل آخر. وكانوا ينفقون الوقت متبطلين على شاطئ النهر، ينادون على أسعار النقل للشط المقابل، متفاخرين أمام الزبائن المحتملين بمدى تفوقهم في إنجاز عملية النقل. لقد كانوا يؤجرون أنفسهم، تماما مثل الدواب التي تسير على أربع. وعليه كان جدي بهيمة لحمل الأثقال.

ولا أعتقد أن ليب قد غامر طوال شبابه بالابتعاد بأكثر من مائة كيلومتر عن مدينته الصغيرة ساسو. ولكنه فيما بعد، في العام 1904، ولى هاربا فجأة إلى العالم الجديد ـ حتى يتفادى اتهاما بجريمة قتل، وفقا لإحدى الأساطير العائلية. وقد ترك زوجته الشابة وراءه. ترى، كيف بدت له المدن الألمانية الكبرى ذات الموانئ مختلفة عن قريته الصغيرة ببركتها الراكدة، كيف بدا المحيط شاسعا، وكيف بدت غريبة ناطحات السحاب الشامخة؟! فضلا عن ذلك الصخب الذي لا ينتهي في موطنه الجديد! لم نعرف أي شيء عن عبوره المحيط، ولكننا عثرنا على بيان ركاب السفينة التي أقلت زوجته تشايا، فيما بعد، حيث التحقت بليب بعد أن استطاع ادخار ما يكفي من المال لإحضارها. لقد أبحرت زوجته في أرخص درجة على المركب باتاقيا، وهي من هامبورج كما يدل على ذلك سجلها. وكانت الوثيقة تشتمل على كلمات مقتضبة فاجعة: هل يمكنها القراءة أو الكتابة؟ كلا. هل تتحدث بالإنجليزية؟ كلا. كم معها من نقود؟ ويمكنني تصور مدى حساسيتها وخجلها عندما أجابت: «دولار واحد».

لقد غادرت المركب في نيويورك والتقت مع ليب مرة أخرى، وعاشت معه لفترة أتاحت لها أن تنجب والدتي وشقيقتها، ثم وافتها المنية نتيجة «المضاعفات» التي عانت منها في أثناء المخاض. وفي غضون السنوات القليلة التي أمضتها في أمريكا، كان اسمها أحيانا يتخذ صبغة إنجليزية فيصبح كلارا. وبعد مرور ربع قرن، أطلقت والدتي على أول طفل تلده، وكان صبيا، اسم أمها التي لم تعرفها أبدا.

إن أسلافنا القدماء، بمراقبتهم للنجوم، لاحظوا وجود خمسة نجوم تقوم بما هو أكثر من التوالي البليد للشروق والغروب، يماثل ما تقوم به تلك النجوم التي كان يطلق عليها النجوم «الثابتة». كانت هذه النجوم الخمسة تتحرك بصورة لافتة للنظر ومعقدة. فقد كانت، على مدى الشهور، كمن تتجول ببطء بين النجوم، بل أحيانا تصنع حلقات. ونحن نطلق عليها الآن

اسم الكواكب (Planets)، وهي الكلمة اليونانية الدالة على المتجولين، وأعتقد أن لها سمة مميزة استطاع أسلافنا أن يلحظوها.

والآن، أصبحنا نعرف أن الكواكب ليست نجوما، وإنما عوالم أخرى ترتبط بالشمس بفعل الجاذبية. وفي أثناء استكمال عملية استكشاف كوكب الأرض، بدأنا عندئذ فقط إدراك أن هذا الكوكب ليس سوى أحد العوالم الكائنة بين عدد ضخم لا يعد ولا يحصى من العوالم الأخرى، التي تدور حول الشمس، أو في مدارات حول نجوم أخرى تشكل مجرة درب التبانة. إن كوكبنا ومنظومتنا الشمسية محاطان بمحيط عالمي جديد ـ هو أعماق الفضاء، ولكن لم يعد من المتعذر عبوره، كما كان سابقه.

ربما ما يزال الوقت مبكرا قليلا، وربما ما يزال غير ملائم حتى الآن. ولكن هذه العوالم الأخرى ـ الواعدة بفرص لا تحصى ـ تدعونا.

لقد استطاعت كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق تحقيق أمور مذهلة وتاريخية عبر العقود القليلة الماضية: الفحص الدقيق ـ عن قرب ـ لجميع نقاط الضوء تلك الممتدة من عطارد إلى زحل، والتي دفعت أسلافنا إلى التعجب والعلم. ومنذ بدء الطيران الناجح بين الكواكب في العام 1962، قامت آلاتنا بالتحليق في الفضاء والطيران في مدارات والهبوط على ما يزيد على سبعين عالما جديدا. لقد تجولنا بين المتجولين، وعثرنا على هضاب بركانية ضخمة يبدو بجوارها أعلى جبل على كوكب الأرض قزما، ووجدنا وديانا لأنهار قديمة على كوكبين، ومما يثير الدهشة أن أحدهما شديد البرودة والآخر شديد الحرارة مما لا يسمح بوجود مياه جارية. وهناك كوكب عملاق يشتمل باطنه على هيدروجين معدني سائل، ويمكن أن يسع ألف كوكب مثل الأرض، وهناك أقمار كاملة انصهرت. وهناك مكان مغطى بالسحب، ويتكون غلافه الجوي من أحماض أكالة، حتى أن حرارة سهوله الواسعة المرتفعة أعلى من نقطة انصهار الرصاص، ووجدنا أسطحا قديمة تعد بمثابة سجلات وفية لعملية التشكل العنيف للمنظومة الشمسية؛ ووجدنا أيضا عوالم جليدية لاجئة آتية من أعماق تتعدى كوكب بلوتو. وهناك أيضا منظومات الحلقات ذات النماذج الرائعة، والتي تسم توافقات الجاذبية البارعة، كما وجدنا عالما محاطا بسحب تتكون من جزيئات عضوية مركبة مثل تلك السحب التي أدت في باكورة

تاريخ كوكبنا إلى نشوء الحياة. إن هذه العوالم كافة تدور بصمت، في حالة انتظار، في مدارات حول الشمس.

لقد كشفنا عن عجائب لم يكن يتصورها أسلافنا الذين تأملوا مليا في طبيعة تلك الأضواء العجيبة التي تتلألأ في سماء الليل، واستطعنا سبر أغوار أصول كوكبنا وأنفسنا. ومن خلال اكتشاف ما قد يكون ممكنا أيضا، ومن خلال مواجهة المصائر البديلة التي تعرضت لها عوالم تشبه عالمنا تقريبا، بدأنا نفهم كوكب الأرض على نحو أفضل. وكل عالم منها رائع ومثقف، ولكنها جميعا وبقدر ما نعرف، عوالم مهجورة وقاحلة. فهناك، في الخارج، لا توجد «أماكن أفضل» حتى الآن على الأقل.

وفي أثناء بعثة الإنسان الآلي (الروبوت) في سفينة الفضاء ڤايكنج، التي بدأت في يوليو 1976، أمضيت - بمعنى ما - عاما على المريخ. لقد فحصت صخوره الضخمة المستديرة، وكثبانه الرملية، وسماءه الحمراء اللون، حتى في فترة الظهيرة. كما فحصت وديان أنهاره القديمة والجبال البركانية العالية، فضلا عن التعرية الناجمة عن الرياح العنيفة، والمنطقة القطبية المكونة من الطبقات الصفائحية، علاوة على القمرين المعتمين اللذين يشبه الواحد منهما حبة البطاطس. ولكن لم تكن هناك حياة - لا حشرة ضئيلة ولا نصل عشب، ولا حتى - بقدر ما يمكننا التأكيد - أي ميكروب. لم توهب الحياة لهذه العوالم مثلما وهبت لعالمنا. إن وجود الحياة يمثل ندرة نسبية. ويمكن للمرء إجراء مسح لعشرات العوالم، ولكنه لن يجد نشأة الحياة وتطورها واستمرارها إلا على عالم واحد فحسب.

لم يكن ليب أو تشايا قد عبرا طوال حياتهما - حتى ذلك الحين - أي مساحة أوسع من النهر، ولكنهما تقدما ووصلا إلى عبور المحيطات. وقد نالا بذلك ميزة واحدة هائلة: فعلى الجانب الآخر من المياه، هناك بشر آخرون - يكتسون بعادات غريبة، هذا صحيح - يتحدثون بلغتهما نفسها ويشتركون على الأقل في بعض قيمهما، بل حتى أناس تربطهم بهما علاقات وثيقة.

أما في عصرنا، فقد استطعنا الحركة عبر أرجاء المجموعة الشمسية، كما أرسلنا أربع سفن فضاء إلى النجوم. ويبعد كوكب نبتون عن كوكب الأرض بمسافة تزيد بمليون مرة على بعد مدينة نيويورك عن ضفاف نهر

بج. ولكن كوكب نبتون لا يضم أقارب بعيدين أو بشرا، كما لا توجد أي حياة تنتظرنا على هذه العوالم الأخرى. ولا توجد أي رسائل، من لاجئ أو مهاجر، تساعدنا على فهم هذه البقاع الجديدة. ما لدينا فقط: بيانات رقمية بثتها بسرعة الضوء تلك الرسل الآلية (الروبوت) الدقيقة غير القادرة على الحس والشعور، والتي تخبرنا رسائلها أن هذه العوالم الجديدة لا تشبه عالمنا كثيرا. غير أننا نواصل البحث عن سكان، ولا نستطيع مساعدتهم، فالحياة تبحث عن الحياة.

ولا يوجد على كوكب الأرض من يقدر على تكلفة هذه الرحلة، حتى أغنى الأغنياء. فلا يمكن مثلا أن ننهض ذات يوم ونتخذ من المريخ أو تيتان [4] وجهة لرحلتنا، وفقا لما تمليه علينا رغباتنا، أو شعورنا بالملل، أو نتيجة للبطالة، أو لأننا مطلوبون لأداء الخدمة العسكرية، أو لشعورنا بالاضطهاد، أو لأننا متهمون ـ عن حق أو باطل ـ بارتكاب جريمة. ولا يبدو أن هناك ربحا كافيا على المدى القصير يمكن أن يحفز قطاع الصناعة الخاص في هذا المجال. وإذا ما حدث أن ذهبنا، نحن البشر، في يوم ما إلى هذه العوالم، فعندئذ سيرجع السبب إلى اعتقاد أمة ما، أو اتحاد من الأمم، أن مثل هذه الرحلة في مصلحتها ـ أو في مصلحة الجنس البشري. والآن بالتحديد نجد أمورا عظمى عديدة تجعل من التنافس على التمويل المطلوب لإرسال بعثات بشرية إلى العوالم الأخرى مسألة ضاغطة.

هذه هي فكرة هذا الكتاب: العوالم الأخرى، ماذا ينتظرنا هناك، وماذا ستقول لنا هذه العوالم عن أنفسها، وما إذا كان من الحكمة ـ مع التسليم بالمشكلات الملحة التي تواجه نوعنا الآن ـ أن نشد رحالنا إلى هذه العوالم. هل ينبغي أن نحل مشكلاتنا أولا؟ أم أن هذه المشكلات تعد سببا لرحلتنا؟

يتسم هذا الكتاب، من نواح عدة، بتفاؤله تجاه مستقبل الإنسان. وتبدو فصول الكتاب الأولى، للوهلة الأولى، وكأنها تجد متعة بالغة في عرض جوانب نواقصنا، ولكنها تضع الأساس الروحي والمنطقي الجوهري لتطوير مناظرتي.

ولقد حاولت تقديم أكثر من جانب للقضية. وهناك بعض المواقع التي أبدو فيها داخلا في نقاش مع نفسي. فعادة ما أدخل في جدال مع نفسي عندما أرى بعض الميزات في أكثر من جانب واحد، وأتمنى مع الفصل

الأخير حين أعلن رأيي أن تكون رؤيتي قد اتضحت.

ويمكن تحديد خطة الكتاب تقريبا على النحو التالي: أننا نفحص في البداية تلك المزاعم المنتشرة، والتي تشكلت عبر التاريخ الإنساني، حول تفرد عالمنا ونوعنا، بل وحتى مركزيته بالنسبة لهدف الكون وأدائه لوظائفه. ثم نقوم بالمغامرة بعد ذلك، عبر أنحاء المنظومة الشمسية، مقتفين أثر رحلات الكشف والاستكشاف الأخيرة، وبعدئذ نقيّم الأسباب التي عادة ما تطرح بشأن إرسال بشر إلى الفضاء. وفي الجزء الأخير، وهو أكثر أجزاء الكتاب تأملا، أقوم برسم خطوط لتخيلاتي حول كيفية نجاح مستقبلنا في الفضاء على المدى البعيد.

إن كتاب «كوكب الأرض: نقطة زرقاء باهتة» يدور حول إدراك جديد ما يزال يلحق بنا ببطء، وحول نظرائنا، وحول موقعنا في الكون ـ وكيف أن عاملا رئيسيا من العوامل التي يتوقف عليها مستقبل الإنسان يقع بعيدا عن كوكب الأرض، حتى إن كانت الدعوة إلى الطريق المفتوح في عصرنا مكتومة.

١ أنــت هنــا

إن كوكب الأرض بكامله
مجرد نقطة، وموقع سكننا
الخاص مجرد
زاوية متناهية الصغر منها.
ماركوس أورليوس،
الإمبراطور الروماني
التأملات، الكتاب الرابع
(حوالي العام 170)

وكما أجمع علماء الفلك على
تعليمنا، فإن دائرة الأرض
بمجملها، والتي
تبدو بالنسبة لنا لا نهائية
مقارنة بمدى اتساع الكون،
تماثل محض
نقطة متناهية الصغر.
أميانوس مارسيلينوس
(العام 330 ـ 395م)
آخر المؤرخين الرومانيين
الرئيسيين، وفقا للتسلسل
الزمني للأحداث

كانت سفينة الفضاء تبعد كثيرا عن الوطن، خلف مدار أبعد كوكب، محلقة فوق مستوى دائرة البروج ـ وهو سطح مستو تخيلي يمكن اعتباره مثل حلبة سباق تنحصر داخلها غالبا، مدارات الكواكب. وكانت السفينة تتحرك بعيدا عن الشمس، بسرعة كبيرة تصل إلى 40 ألف ميل في الساعة. ولكن في أوائل فبراير 1990 لحقت بها رسالة عاجلة من كوكب الأرض.

وسرعان ما أطاعت السفينة أوامر الرسالة، وأدارت آلات تصويرها نحو الكواكب البعيدة في تلك الأيام. ومن خلال دوران منصة المسح من موقع إلى آخر في السماء، تمكنت السفينة من التقاط 60 صورة وحفظتها بالطريقة الرقمية على جهاز تسجيلها. وبعدئذ، في شهور مارس وأبريل ومايو، قامت بتأن بإرسال البيانات بالراديو إلى كوكب الأرض. وكانت كل صورة مكونة من 640 ألف عنصر مستقل (pixel)، مثل نقاط الصور السلكية الخاصة بالصحف أو رسوم المدرسة التنقيطية.[1] لقد كانت سفينة الفضاء تبعد عن الأرض بمسافة 3,7 بليون ميل. ونظرا لبعدها الشديد، فقد استغرق كل عنصر من عناصر الصورة خمس ساعات

ونصف الساعة، متحركا بسرعة الضوء، حتى يصل إلينا. وكان من الممكن وصول الصور قبل ذلك، ولكن التلسكوبات الراديوية الكبيرة في كاليفورنيا وإسبانيا وأستراليا، والتي تستقبل تلك الهمسات المرسلة من حافة المنظومة الشمسية، لديها مسؤوليات عديدة تجاه السفن الأخرى التي تمخر عباب البحر الفضائي ـ ومن بينها ماجلان المتجهة نحو كوكب الزهرة، وجاليليو في مسارها المتعرج نحو كوكب المشتري.

كانت سفينة الفضاء «ڤوييچر ـ 1» تحلق عاليا فوق مستوى دائرة البروج، لأنها مرت في العام 1981 بالقرب من تيتان، القمر العملاق التابع لكوكب زحل. أما شقيقتها، السفينة «ڤوييچر ـ 2»، فقد كانت تتحرك في مسار مختلف داخل مستوى دائرة البروج، ومن ثم كانت قادرة على القيام باستكشافاتها المشهورة لكوكبي أورانوس ونبتون. لقد قامت السفينتان الروبوت ڤوييچر باستكشاف أربعة كواكب وحوالي 60 قمرا. وتعد هاتان السفينتان انتصارا للإنسان في مجال الهندسة، وأحد أمجاد برنامج الفضاء الأمريكي، ولسوف تذكرهما كتب التاريخ، عندما تكون أمور أخرى كثيرة في عصرنا قد طواها النسيان.

كانت السفينتان ڤوييچر مصممتين بحيث تعملان حتى تصلا إلى كوكب زحل. ولقد تصورت أنها ستكون فكرة جيدة أن تلتقي السفينتان، بعد أن تصلا إلى زحل مباشرة، مجرد نظرة أخيرة خاطفة على الوطن. وكنت أعرف أن كوكب الأرض سوف يظهر، من عند زحل، صغيرا جدا على نحو لا يتيح للسفينتين ڤوييچر تبيان أي من تفاصيله. وسيبدو كوكبنا مجرد نقطة من الضوء، صورة من عنصر وحيد، يصعب جداً تمييزها عن نقاط الضوء العديدة الأخرى التي يمكن للسفينتين رؤيتها ـ وأعني الكواكب القريبة والشموس النائية. وربما كان ينبغي التقاط هذه الصورة، وتحديدا بسبب ما كشفناه من غموض يكتنف عالمنا.

لقد اجتهد البحارة في رسم سواحل القارات. وقام الجغرافيون بترجمة هذه النتائج إلى خرائط وكرات جغرافية. أما الصور الفوتوغرافية لمختلف البقاع متناهية الصغر لكوكب الأرض، فقد أمكن الحصول عليها في بداية الأمر من خلال البالونات والمناطيد والطائرات، وبعدئذ عن طريق الصواريخ لطيران قذفي (ballistic) قصير الأمد، وأخيرا عن طريق سفن الفضاء

المدارية ـ والتي أمدتنا بمنظور يماثل ذلك المنظور الذي يمكنك رؤيته إذا ما وجهت بصرك إلى كرة جغرافية كبيرة، من موقع لمقلة العين يرتفع عنها بمقدار بوصة. وبرغم أننا تعلمنا أن الأرض كروية، وأننا جميعا ملتصقون بها، بشكل ما، بفعل الجاذبية، فإننا لم نبدأ في إدراك واقع حالنا بالفعل إلا بعد حصولنا على تلك الصورة الشهيرة لمجمل كوكب الأرض التي جلبتها سفينة الفضاء أبوللو ـ تلك الصورة التي التقطها رواد أبوللو 17 في آخر رحلة بشرية إلى القمر.

لقد أصبحت الصورة بمنزلة أيقونة عصرنا. تبدو فيها أنتاركتيكا [2] في موقع يعتبره الأمريكيون والأوروبيون القاع، وفوقها تمتد كل قارة أفريقيا: يمكنك رؤية إثيوبيا وتنزانيا وكينيا، حيث عاش البشر الأوائل. وفي القمة على اليمين، توجد المملكة العربية السعودية وما يطلق عليه الأوروبيون الشرق الأدنى. وبإلقاء نظرة خاطفة إلى قمة الصورة، يمكن بصعوبة رؤية البحر المتوسط، الذي نشأ حوله الكثير جدا من حضارات كوكبنا. كما يمكننا تمييز زرقة المحيط، واللون الأحمر المصفر للصحاري والصحراء العربية، واللون البني المخضر للغابات والأراضي المعشوشبة.

ومع كل، لا تشتمل هذه الصورة على أي إشارة إلى وجود بشر، ولا على ما قمنا به من إعادة تشكيل لسطح الأرض، ولا توجد أي دلالة على آلاتنا، ولا على أنفسنا: نحن صغار جدا، ومقر الإدارة التي تدير أمور الدولة متناهي الصغر، بحيث يستحيل أن يرى عن طريق سفينة فضاء تقع بين كوكبي الأرض والقمر. ومن هذا الموقع الممتاز، لا يوجد أي دليل على مدى تسلط فكرة القومية علينا. إن الصور التي التقطتها السفينة أبوللو لكوكب الأرض كله نقلت إلى الجمهور العريض أمرا كان علماء الفلك يعرفونه جيدا: فبمقياس العوالم ـ ناهيك عن النجوم أو المجرات ـ يعتبر البشر كمّا مهملا، غشاء رقيقا من الحياة فوق كتلة غامضة ومنعزلة من الصخر والمعدن.

وبدا لي أن صورة أخرى لكوكب الأرض، صورة تلتقط من مسافة أبعد بحوالي مائة ألف مرة، يمكن أن تساعد في تلك العملية المستمرة الرامية إلى اكتشاف واقع حالنا ووضعنا الحقيقي. لقد كان علماء وفلاسفة العصور الكلاسيكية القديمة يدركون جيدا أن كوكب الأرض ليس سوى نقطة في كون شاسع يحيط بنا، ولكن لم يشاهدها أحد بهذه الكيفية أبدا. لقد كانت

فرصتنا الأولى (وربما أيضا الأخيرة لعقود قادمة).

كان الكثيرون في مشروع ڤوييچر التابع لـ «ناسا» [3] مؤيدين للفكرة. ولكن الأرض، إذا نظر إليها من المنظومة الشمسية الخارجية فإنها تقع قريبا جدا من الشمس، مثل فراشة تحلق بافتتان حول لهب. فهل كنا محتاجين إلى توجيه الكاميرا نحو الشمس، بحيث نخاطر باحتراق نظام صمام التصوير التلفزيوني بسفينة الفضاء؟ ألم يكن من الأفضل تأجيل الأمر حتى تلتقط الصور العلمية كلها من أورانوس ونبتون، إذا ما استمرت سفينة الفضاء لمثل تلك الفترة الطويلة؟

وهكذا، فقد انتظرنا ـ وكان قرارا صائبا أيضا ـ من العام 1981 عند زحل، إلى العام 1986 عند أورانوس، وحتى العام 1989 عندما تجاوزت سفينتا الفضاء مداري نبتون وبلوتو. وحان الوقت أخيرا. ولكن الأمر كان يقتضي إجراء بعض التقويمات الأداتية أولا، ولذا طالت فترة انتظارنا بعض الشيء. وعلى الرغم من أن سفينتي الفضاء كانتا في مواقع صحيحة، وكانت الأدوات ما تزال تعمل بصورة جيدة، ولم تعد هناك أي صور تلتقط، فقد واجه المشروع معارضة من بعض العاملين فيه. لم يكن الأمر متعلقا بالعلم ـ هكذا قالوا. واكتشفنا بعد ذلك أن المتاعب المالية التي تعاني منها «ناسا» قد أدت إلى إجراء عمليات تسريح فورية للعاملين التقنيين، الذين يجهزون الأوامر ويبعثون بها عن طريق الراديو إلى ڤوييچر، أو نقلهم إلى وظائف أخرى. وكان يتحتم التقاط الصورة عندئذ، إن كنا نريدها. وفي اللحظة الأخيرة ـ وبالفعل أثناء لقاء ڤوييچر ـ 2 مع كوكب نبتون ـ قام العميد بحري ريتشارد ترولي (Richard Truly)، والذي كان يشغل حينذاك منصب مدير «ناسا»، بالتدخل مؤكدا ضرورة الحصول على الصورة. وقد قام عالما الفضاء: كاندي هانسن (Candy Hansen)، بمختبر الدفع النفثي التابع لـ «ناسا»، وكارولين بوركو (Carolyn Porco)، بجامعة أريزونا، بتصميم متتابعة للأوامر وحساب فترات تعريض الكاميرا.

وهكذا ظهرت الصورة: فسيفساء من المربعات مرسومة على قمة الكواكب، مع خلفية من نجوم أبعد تتناثر هنا وهناك. ولم ننجح فحسب في تصوير كوكب الأرض، بل في تصوير خمسة كواكب أخرى أيضا من كواكب الشمس التسعة المعروفة. عطارد، وهو الأقرب للشمس، كان مفقودا في

وهجها، في حين بدا المريخ وبلوتو صغيرين جدا وضوءهما معتم و/أو بعيدين جدا. أما أورانوس ونبتون، فقد كانا من العتامة بحيث تطلب تسجيل وجودهما مدة تعريض طويلة للكاميرا، ومن ثم فقد ظهرت صورتاهما غير واضحة المعالم نظرا لحركة سفينة الفضاء. هذه هي الكواكب كما يمكن أن تبدو لسفينة فضاء غريبة عنا تقترب من المنظومة الشمسية بعد رحلة طويلة بين النجوم.

من هذه المسافة، تبدو الكواكب محض نقاط من الضوء، واضحة أو غير واضحة المعالم، حتى من خلال تلسكوب له قدرة تحليل عالية ويقع خارج السفينة ڤوييچر. وهي تظهر مثلما تبدو عندما نراها بالعين المجردة من كوكب الأرض ـ أي كنقاط مضيئة أكثر تألقا من غالبية النجوم. وعلى مدى فترة تصل إلى شهور عدة، يبدو كوكب الأرض ـ مثله مثل الكواكب الأخرى ـ متحركا بين النجوم. ولا يمكنك بمجرد النظر إلى واحدة من هذه النقاط، تحديد شكلها، أو ما يوجد عليها، أو معرفة ماضيها، وما إذا كان هناك من يعيش عليها في هذه الحقبة الاستثنائية؟!

ونتيجة لانعكاس ضوء الشمس على سفينة الفضاء، يبدو كوكب الأرض جالسا تحت حزمة من أشعة الشمس، كما لو أن لهذا العالم الصغير دلالة خاصة. ولكن المسألة ليست سوى حادث عارض يتعلق بالهندسة وعلم البصريات. فالشمس تبعث بأشعتها بالتساوي في الاتجاهات كافة. ولو كانت الصورة قد التقطت قبل أو بعد تلك اللحظة تحديدا، لغابت تلك الحزمة الضوئية التي تضيء كوكب الأرض بطريقة خاصة.

ترى ما سبب هذا اللون الأزرق السماوي؟ يرجع اللون الأزرق جزئيا إلى البحر وجزئيا إلى السماء. وبينما نجد الماء شفافا في كوب زجاجي، فإنه يمتص من الضوء الأحمر ما يزيد قليلا على ما يمتصه من الضوء الأزرق. وإذا كانت لديك عشرات الأمتار أو أكثر من المادة نفسها فإنك ستجد أن الضوء الأحمر هو الذي يمتص، في حين أن ما ينعكس بالدرجة الأولى إلى الفضاء هو الضوء الأزرق. وبالكيفية نفسها، يبدو خط الرؤية قصيرا شفافا تماما خلال الهواء. وعلى الرغم من ذلك، كلما كان الشيء بعيدا بدا أكثر زرقة، وهو ما برع ليوناردو دافينشي في تصويره برسومه. ترى ما السبب؟ يحدث ذلك لأن الهواء يفرق الضوء الأزرق في كل مكان على نحو أفضل

مما يفعل بالنسبة للضوء الأحمر. إذن، فلون هذه النقطة الضارب للزرقة يأتي من غلافها الجوي السميك، والشفاف في الوقت ذاته، ومن محيطاتها العميقة ذات المياه السائلة. وماذا عن اللون الأبيض؟ إن السحب المائية البيضاء تغطي حوالي نصف كوكب الأرض، في أي يوم عادي.

ويمكننا تفسير تلك الزرقة الباهتة لهذا العالم الصغير لأننا نعرفه جيدا. ولكن الأقل تأكيدا أن ينجح عالم غريب عنا، عند وصوله بطريقة ما إلى ضواحي منظومتنا الشمسية، في تقديم استنتاج موثوق في صحته بهذا الشأن، يتعلق بالمحيطات والسحب والغلاف الجوي السميك. فكوكب نبتون، على سبيل المثال، لونه أزرق، ولكن ذلك يرجع لأسباب مختلفة غالبا. ومن تلك البقعة البعيدة الممتازة، قد لا تبدو لكوكب الأرض أي أهمية خاصة.

ولكن بالنسبة لنا يختلف الأمر. انظر مرة أخرى إلى هذه النقطة. إنه هناك: الوطن. ها نحن. عليها يوجد كل من تحبه، كل من تعرفه، كل من سمعت عنه، كل إنسان كان موجودا في أي وقت. إن جميع أفراحنا ومعاناتنا، وآلاف الأديان والأيديولوچيات والمذاهب الاقتصادية الواثقة، كل قناص أو مغير، كل بطل أو جبان، كل مبدع أو مدمر للحضارة، كل ملك أو فلاح، كل شاب وفتاة متحابين، كل أم وكل أب، كل طفل واعد، كل سياسي فاسد، كل «نجم لامع» من نجوم الفن، كل «قائد أعلى»، كل قديس أو آثم في تاريخ نوعنا... قد عاش هنا ـ على هذه الذرة من الغبار المعلقة في شعاع شمس.

ويعد كوكب الأرض مسرحا صغيرا جدا في ساحة كونية شاسعة. تأمل كل أنهار الدم التي أراقها الجنرالات والأباطرة حتى يصبحوا أسيادا، إذا ما نجحوا في تحقيق المجد والانتصار، ولفترة وجيزة خاطفة على كسرة ضئيلة من هذه النقطة. وتأمل الأعمال الوحشية اللانهائية التي مارسها سكان أحد أركان هذا العنصر الضئيل على سكان آخرين في ركن آخر، إننا بصعوبة يمكن أن نميزهم بعضهم عن بعض. ترى، ما مدى سوء الفهم بينهم، وما مدى رغبتهم في قتل بعضهم بعضا، وما مدى اشتعال ما بينهم من كراهية؟

إن نقطة الضوء الباهتة هذه تقف متحدية أوضاعنا المصطنعة وما نتصوره من أهمية ذاتية، فضلا عما لدينا من أوهام حول وضعنا المتميز

في الكون. فكوكبنا ليس سوى بقعة ضئيلة وحيدة في غلاف من الظلام الكوني الفسيح المحيط بنا. وفي هذه الظلمة، وفي وسط هذا الاتساع، لا تبدو أي إشارة خفية أو حتى تلميح إلى أن مساعدة ستأتي من مكان آخر لإنقاذنا من أنفسنا.

إن كوكب الأرض هو العالم الوحيد المعروف حتى الآن كمأوى للحياة. ولا يوجد أي مكان آخر يمكن أن يهاجر إليه نوعنا في المستقبل القريب. إننا نقدر فحسب على القيام بزيارات، أما الاستقرار، فليس بعد. وعلى أي حال، فكوكب الأرض، سواء رضينا أم لم نرض، هو مقامنا.

لقد قيل إن علم الفلك خبرة متواضعة تبني الشخصية، وربما لا يوجد توضيح لحماقة تصورات الإنسان أفضل من هذه الصورة المأخوذة عن بعد لعالمنا الصغير. وبالنسبة لي، فإن هذه الصورة تؤكد مسؤوليتنا في التعامل مع بعضنا البعض بمزيد من الرعاية والعطف، ومسؤوليتنا في حماية هذه النقطة الزرقاء الباهتة والاعتزاز بها، فهي الوطن الوحيد الذي عرفناه.

2 انحرافات الضوء

تقترح آن درويان هذه التجربة: انظر مرة أخرى إلى النقطة الزرقاء الباهتة التي تحدثنا عنها في الفصل السابق، تأملها جيدا بنظرة طويلة. وبتحديقك في هذه النقطة لأي فترة زمنية، مهما كان طولها، حاول أن تقنع نفسك أن الله قد خلق الكون كله من أجل نوع واحد من العشرة ملايين نوع، أو نحو ذلك، من أنواع الحياة التي تسكن ذرة الغبار تلك. والآن لنتقدم خطوة أخرى أبعد: تخيل أن كل شيء قد صُنِعَ من أجل نكرة وحيد من هذا النوع أو الجنس، أو من أجل عرق ما أو دين ما، وإذا لم تتأثر بذلك، وهو أمر غير مرجح، فعليك باختيار نقطة أخرى، وتخيَّل أنها مأهولة بشكل آخر من أشكال الحياة الذكية. يتعلق أصحابها أيضا بفكرة أن الله خلق كل شيء من أجلهم ولصالحهم. تُرى، بأي قدر من الجدية ستتناول زعمهم هذا؟

قال لابنته:

«انظري إلى هذا النجم»

«أتعني النجم الأحمر الساطع؟» ـ سألته ابنته بدورها

«نعم، أتعرفين أن هذا النجم قد لا يكون موجودا الآن؟، ربما يكون قد انتهى بالفعل ـ إما لأنه انفجر

إذا ما أُقصي الإنسان بعيدا عن العالم، فإن ما يتبقى سيبدو ضالا، دون هدف أو غرض...
وسيُفضي إلى اللاشيء.
فرنسيس بيكون، حكمة القدماء (العام 1619م)

أو لسبب آخر. إن ضوءه فقط هو الذي لا يزال يعبر الفضاء ويصل إلى عيوننا الآن. ولكننا لا نراه كما هو، بل نراه كما كان».

يشعر الكثيرون بإحساس مثير للدهشة عندما يواجهون للمرة الأولى هذه الحقيقة البسيطة. لماذا؟ لماذا تفرض هذه المسألة كل هذا الاهتمام؟ إن الضوء، في عالمنا الصغير، ينتقل بالنسبة لجميع الأغراض العملية في الحال. وإذا ما كان المصباح الكهربائي منيرا، فهذا يعني بالطبع أنه موجود ماديا، حيث نراه، ونرى ضوءه باستمرار. ويمكننا أن نمد أيدينا ونلمسه : إنه هناك دون ريب، وساخن بصورة منفرة. وإذا ما كف السلك الدقيق بداخله عن أداء وظيفته، فإن الضوء سيخبو. إننا لا نراه في المكان نفسه متوهجا ومنيرا الغرفة لسنوات عدة بعد تحطيم المصباح وإزالة السلك الدقيق من تجويفه. فالفكرة ذاتها تبدو غير معقولة. ولكن، إذا كنا بعيدين جدا بقدر كاف، فإن شمسا كاملة يمكن أن تنطفئ ونستمر في رؤيتها متوهجة الضياء، ودون أن نعلم لسنوات طوال مقبلة أي شيء عن خبوّها - سنوات تعادل في الواقع قدر ما يستغرقه الضوء من زمن لعبور المساحة الشاسعة الفاصلة، فالضوء ينتقل بسرعة وإن كانت سرعته ليست لا نهائية.

إن المسافات الشاسعة التي تفصل بيننا وبين النجوم والمجرات تعني أن كل ما نراه في الفضاء ينتمي إلى الماضي - والبعض كما كان قبل أن يوجد كوكب الأرض. إن التلسكوب يماثل آلة الزمن. وقديما، عندما بدأت إحدى المجرات المبكرة في إصدار ضوء نحو الظلام المحيط بها لم يكن بإمكان أي مشاهد أن يعرف أن بعض الكتل البعيدة من الصخر والمعدن والجليد والجزيئات العضوية سوف تسقط مجتمعة بعد بلايين السنين لتشكل مكانا يُسمى كوكب الأرض، أو أن الحياة سوف تنشأ وأن كائنات مُفكرة سوف تتطور وتستولي في يوم ما على قليل من ضوء هذه المجرة، وتحاول حل اللغز الكامن وراء إرسال هذا الضوء إلى طريقها.

وبعد أن يزول كوكب الأرض، بعد خمسة بلايين عام من الآن، بعد أن يكون قد احترق، كرقاقة من حبة بطاطس مقلية، أو أن تكون الشمس قد ابتلعته، ستولد عوالم ونجوم ومجرات أخرى - ولن يُعرف أي شيء عن مكان ما كان اسمه، في يوم ما، كوكب الأرض.

إن الفكرة لا تبدو متميزة في الغالب. بل بالأحرى ستبدو ملائمة

وصحيحة، ومفادها أنه بسبب مصادفة منبت أو أصل ينبغي أن تحتل جماعتـ (نا) (أيا كانت)، نتيجة لوجودها، موقعا مركزيا في الكون الاجتماعي. فبين أبناء الأمراء الفراعنة والمطالبين البلانتاچينيين [1] عن غير حق بالعرش، وأبناء بارونات النهب والسلب [2] وبيروقراطيي اللجنة المركزية، وعصابات الشوارع وغزاة الأمم، وأفراد جماعات الأغلبية الواثقة، والطوائف الغامضة، والأقليات التي تنهال عليها اللعنات، بين أولئك، كل على حدة يبدو سلوك خدمة الذات طبيعيا كالتنفس تماما. إنه يستمد أسباب بقائه من الينابيع النفسية ذاتها مثله مثل التمييز الجنسي على أساس الذكورة والأنوثة، والعرقية والعنصرية، والقومية، وغيرها من النزعات الشوفينية المتطرفة التي يبتلى بها نوعنا الإنساني. وهناك حاجة لقوة غير عادية في الخُلُق لمقاومة مداهنات أولئك الذين يؤكدون لنا أننا نمتلك تفوقا واضحا موهوبا من الله على أقراننا. وكلما كان غرورنا غير قائم على أساس وطيد، كنا أكثر عرضة للتأثر بمثل هذه الإغراءات.

ومادام العلماء بشرا، فلا عجب في أن الطموحات النسبية قد تسللت إلى الرؤية العلمية للعالم. والحق أن كثيرا من النقاشات الأساسية في تاريخ العلم تتصارع، على الأقل جزئيا، حول ما إذا كان البشر متميزين. والافتراض الدائم عادة هو أننا متميزون. ولكن دراسة هذه الفرضية جيدا أوضحت، في عدد من الحالات، أننا لسنا كذلك.

لقد عاش أسلافنا في الخلاء. وكانوا يألفون سماء الليل كما يألف غالبيتنا برامج التلفزيون المفضلة. ويشاهدون الشمس والقمر والنجوم والكواكب وهي تشرق جميعها من الشرق وتغرب في الغرب مُجتازة، في غضون ذلك، السماء من فوقهم. ولم تكن حركة الأجرام السماوية محض تسلية تبدو للعيان كإيماءة تبجيل، بل كانت الطريقة الوحيدة لمعرفة الوقت وفصول السنة. ولقد كانت المعرفة المتعلقة بالسماء مسألة حياة أو موت بالنسبة للمشتغلين بالصيد أو جمع الثمار أو الزراعة.

كم نحن محظوظون أن الشمس والقمر والكواكب والنجوم تشكل جزءا من آلية الساعة الكونية رشيقة التكوين! ويبدو أن المسألة ليست مصادفة. فهي موظفة هنا لغرض ما، من أجل مصلحتنا، فمن أيضا يستفيد بها؟ وفي أي شيء آخر يمكن الإفادة منها؟

وإذا كانت الأضواء المنتشرة في السماء تشرق وتغرب من حولنا، أليس هذا دليلا على أننا في مركز الكون؟ إن هذه الأجرام السماوية ـ التي تنتشر بفعل قوى غير أرضية، وخاصة الشمس التي نعتمد عليها للحصول على الضوء والحرارة ـ تحيط بنا مثل الحاشية التي تتقرب للملك متوددة. وحتى إن لم نكن قد حزرنا بعد، فإن أكثر الاختبارات بدائية للسماء تكشف عن أننا متميزون، فالكون يبدو مصنوعا من أجل البشر. ويصعب التفكير مليا في هذه الظروف وتأملها دون المرور بخبرة الإثارة المصاحبة للشعور بالافتخار والوثوق. إن الكون بأكمله مصنوع من أجلنا! إذن لا بد أن نكون بشرا مهمين حقا.

إن ما قدمناه من إيضاح مثير للرضا، مدعوما بالرصد والملاحظة اليومية للسماء، حول مدى أهميتنا، قد جعل من فكرة مركزية الأرض حقيقة قائمة عبر مختلف الثقافات ـ تدرّس في المدارس، ولها رسوخها في اللغة، وتعد جزءا لا يتجزأ من الأدب العظيم والكتابات الدينية. وقد كانت هناك محاولات ـ باستخدام التعذيب أو الموت أحيانا ـ لإثناء المنشقين. ولا عجب أن ما من أحد، طوال الجزء الأكبر من التاريخ الإنساني، قد أثار شكوكا حول هذه الفكرة.

كانت الفكرة، دون شك، هي نظرة أسلافنا الذين يطوفون ويغيرون بحثا عن الطعام والصيد. وقد عرف الفلكي العظيم في العصور القديمة، كلوديوس بطليموس، وبالتحديد في القرن الثاني، أن الأرض كروية، وأن حجمها بمنزلة «نقطة» مقارنة ببعد النجوم، وعلم تلاميذه أنها تقع «في وسط الكون تماما». وقد آمن بهذا الوهم كل من أرسطو وأفلاطون والقديس أوغسطين والقديس توما الأكويني، وكل الفلاسفة والعلماء العظام، تقريبا، من مختلف الثقافات، ولما يزيد على ثلاثة آلاف عام وانتهاء بالقرن السابع عشر. وقد انشغل بعضهم بمحاولة اكتشاف كيف يمكن للشمس والقمر والنجوم والكواكب أن ترتبط ببراعة بأجسام كروية شفافة تماما وبلورية ـ الكبير منها متمركز، بطبيعة الحال، على الأرض ـ وذلك ما كان يفسر الحركات المعقدة للأجرام السماوية، والتي قامت أجيال من علماء الفلك برصد تاريخها وفقا لتسلسل زمني شديد التدقيق والتفصيل. وقد نجحوا: فمع بعض تعديلات أخيرة عللت مركزية الأرض الحقائق المرتبطة بحركة

الكواكب، كما عرفت في القرن الثاني والقرن السادس عشر.

ومن هذا المنطلق، كانت الفكرة مجرد تقدير استقرائي سطحي لزعم يتسم بالمبالغة الحمقاء ـ حيث إن «كمال» العالم قد يكون مُنتقصا من دون البشر، كما أكد أفلاطون في محاورة «طيموس». «الإنسان... هو كل شيء»، وكذلك كتب الشاعر والقس چون دون في العام 1625: «إنه ليس قطعة من العالم، بل هو العالم ذاته».

ومع ذلك ـ وبغض النظر عن كم ملك أو بابا أو فيلسوف أو عالم أو شاعر قد أصر على العكس ـ فقد واصلت الأرض بعناد، خلال تلك الألفيات، دورانها حول الشمس. ويمكنك أن تتخيل وجود مراقب غير متساهل من خارج كوكب الأرض، يتجه ببصره إلى أسفل ويشاهد نوعنا على مدى تلك الفترة الزمنية ـ يرانا ونحن نثرثر بشكل مثير «لقد خُلق الكون من أجلنا! ونحن في مركزه! كل شيء يقدم لنا واجب الاحترام» ـ ويصل في النهاية إلى أن مزاعمنا تبعث على الضحك، وطموحاتنا مثيرة للشفقة وأن هذا الكوكب يتحتم أن يكون كوكب البلهاء.

ولكن حُكما بهذه الكيفية يتسم بقسوة شديدة. فقد قمنا بأفضل ما نستطيع. وكان هناك تزامن تعس بين المظاهر الخارجية اليومية وآمالنا الخفية. فنحن نميل إلى عدم طرح انتقاداتنا، إذا ما كانت مصحوبة بدليل يؤكد تحيزاتنا. وكان هناك دليل مقابل ضعيف.

وبذلك الدليل، كلحن آخر خافت، أمكن سماع بعض الأصوات المعارضة القليلة عبر القرون. وهي تنصح بالتحلي بالتواضع والرؤية المنظورية. فقد شهدت مرحلة فجر العلم فلاسفة الذرة في اليونان وروما قديما، الذين كانوا أول من قال بتكون المادة من ذرات. ونذكر منهم ديمقريطس وأبيقور وأتباعهم (وأيضا لوكريتس، أول من قام بتبسيط العلم وجعله في متناول الجمهور). ولقد اقترح فلاسفة الذرة، بافتراء، وجود عوالم عديدة وأشكال متنوعة من الحياة الغريبة عنا، تتكون كلها من أنواع ذراتنا نفسها. كما طرحوا أيضا، مراعاة لمشاعرنا، لانهائية المكان والزمان. ولكن في ظل الشرائع السائدة في الغرب، المدنية والدينية، والوثنية والمسيحية كانت تُصبّ اللعنات على أفكار فلاسفة الذرة. وعوضا عن ذلك، كانت السماوات تختلف تماما عن عالمنا، فلم تكن قابلة للتغير، بل و«كاملة». أما الأرض،

فكانت قابلة للتحول والتغير، و«فاسدة». وقد قام رجل الدولة والفيلسوف الروماني شيشرون بتلخيص هذه الرؤية الشائعة بقوله: «في السماوات... لا شيء يحدث بمحض المصادفة، ليس هناك خطأ أو إخفاق، وإنما نظام وتناسق ودقة وحسابات مطلقة».

ولقد حذرت الديانات، وكذا الفلسفة، من أن الآلهة (أو الله) أكثر منا قوة، وأنهم أكثر سرعة في تطبيق العدل بالقسطاس إزاء العجرفة التي لا تطاق. وفي الوقت ذاته، لم يكن لدى هذين الفرعين من المعرفة ما يؤكد أن تعاليمهما حول كيفية نَظْم الكون كانت وهما وضلالا.

إن الفلسفة والدين قدما مجرد رأي ـ رأي يمكن تغييره رأسا على عقب بالملاحظة والتجربة ـ باعتباره يقينا. ولم يكن ذلك مصدر قلق لهما على الإطلاق. ومسألة أن بعض معتقداتهما التي يُؤمن بها بشدة قد يثبت في النهاية خطؤها، هذه المسألة كانت إمكانات من الصعب أن يُنظر فيها. أما التواضع المذهبي، فكان متروكا لممارسات الآخرين. فتعاليمهما كانت معصومة من الخطأ وصحتها مؤكدة. وفي الواقع، كان لديهما سبب للتحلي بالتواضع أفضل مما كانا يعرفان.

لقد بدأت القضية تصبح محل اعتراض رسمي منذ كوبرنيكوس في منتصف القرن السادس عشر. إن صورة الشمس، وليس بالأحرى الأرض، كمركز للكون أصبحت تمثل خطورة. ولقد سارع العديد من طلاب العلم مُجبَرين، على التأكيد للسلطة الدينية ذات التراتب الهرمي أن هذه الفرضية الحديثة لا تمثل أي تحدٍ جدي للحكمة التقليدية. وكحل وسطي، جرى تناول نظام مركزية الشمس باعتباره محض توافق حسابي وليس بوصفه حقيقة فلكية ـ أي أن الأرض تقع بالفعل في مركز الكون، كما يعرف كل شخص، ولكنك إذا رغبت في التنبؤ بموقع كوكب المشتري في يوم الثلاثاء الثاني من شهر نوفمبر في السنة بعد المقبلة، فمن المسموح لك أن تتظاهر بوجود الشمس في المركز. وعندئذ، يمكنك إجراء الحسابات دون أن يمثل ذلك تحديا للسلطات [3].

«هذا لا يشكل خطورة»، هكذا كتب روبرت كاردينال بيلارمين، رجل اللاهوت الأول بالفاتيكان في باكورة القرن السابع عشر.

«إنه يفي بالغرض بالنسبة لعلماء الرياضيات. ولكن التأكيد على أن

الشمس ثابتة بالفعل في مركز السماوات، وأن الأرض تدور حولها بسرعة كبيرة يُعد أمرا خطيرا لا يثير سخط علماء اللاهوت والفلاسفة فحسب، وإنما يجرح أيضا معتقداتنا المقدسة، ويجعل كتابنا المقدس شيئا زائفا».

«إن حرية الاعتقاد ضارة»، هكذا كتب بيلارمين في مناسبة أخرى. وأضاف «إنها ليست سوى حرية أن تخطئ».

وعلاوة على ذلك، فإذا كانت الأرض تدور حول الشمس، فإن النجوم القريبة ينبغي أن تبدو متحركة بالمغايرة مع الخلفية المشكلة من نجوم أبعد بكثير، عندما نغير منظور رؤيتنا لها، كل ستة شهور، من أحد جوانب مدار الأرض إلى الجانب الآخر. ولكن لم يحدث مثل هذا «الاختلاف السنوي في المنظر» (annual parallax). وقد جادل أنصار كوبرنيكوس في أن السبب يرجع إلى وقوع النجوم على مسافة بعيدة جدا ـ ربما تزيد مليون مرة على بعد الأرض عن الشمس. وربما تتمكن تلسكوبات أفضل في المستقبل من أن ترصد اختلافا سنويا في المنظر. أما أنصار مركزية الأرض فقد اعتبروا ذلك محاولة يائسة لإنقاذ فرضية خاطئة وجديرة بالسخرية.

عندما صوب جاليليو أول تلسكوب فلكي نحو السماء، بدأ المدّ في الانحسار. فقد اكتشف أن كوكب المشتري يمتلك حاشية ضعيفة من الأقمار التي تدور حوله، وأن أقماره الداخلية تدور في مدارات بدرجة أسرع من دوران أقماره الخارجية في مداراتها، كما استنتج كوبرنيكوس بالنسبة لحركة الكواكب حول الشمس. وقد وجد أيضا أن كوكبي عطارد والزهرة قد مرّا بأطوار مثلهما في ذلك مثل القمر (وظهر أنهما يدوران في مدارين حول الشمس). وعلاوة على ذلك ، فإن القمر بفوهاته البركانية، والشمس ببقعها، يتحديان كمال السماوات. ويمكن أن يشكل هذا الأمر، جزئيا، نوع المشكلة التي كانت تثير قلق ترتليان (Tertullian) منذ ألف وثلاثمائة عام، عندما دافع عن مزاعمه قائلا: «لو كان لديكم أي إدراك أو تواضع، لكنتم قد تمعنتم في أرجاء السماء، وفي مصير الكون وأسراره».

وفي المقابل، علمنا جاليليو أن بإمكاننا استجواب الطبيعة واستنطاقها من خلال الملاحظة والتجربة. وآنئذ، فإن «الحقائق التي كانت تبدو للوهلة الأولى بعيدة الاحتمال، سوف يسقط القناع الذي كان يخفيها، حتى وإن حصلنا من ذلك على تفسير ناقص، ويبرز جمالها الواضح البسيط». ألا

تُعد هذه الحقائق، المتاحة حتى للمتشككين، استبصارا أرسخ للكون الذي خلقه الله من جميع تخمينات رجال اللاهوت؟ ولكن، ماذا لو كانت هذه الحقائق تتناقض مع من يؤمنون بأن دينهم غير معصوم من الخطأ؟ لقد هدد أمراء الكنيسة العالم الفلكي العجوز بتعذيبه إذا ما أصرّ على تعليم ذلك المبدأ البغيض القائل بحركة الأرض. لقد حكموا عليه بالإيقاف داخل أحد المعتقلات طوال الفترة المتبقية من حياته.

وبعد جيل أو جيلين، عندما أقام اسحق نيوتن الدليل على أن الفيزياء البسيطة الرائعة قادرة على أن تفسر كميا ـ وتتنبأ بـ ـ حركات القمر والكواكب كافة التي نلحظها (شريطة افتراض وقوع الشمس في مركز المنظومة الشمسية)، تآكلت بدرجة كبيرة فكرة مركزية الأرض.

وفي العام 1725، في محاولة لاكتشاف اختلاف مواضع النجوم، كشف الفلكي الهاوي الإنجليزي المُثابر جيمس برادلي (James Bradley) مصادفة عن انحراف الضوء. واعتقد أن مصطلح «انحراف» يحمل بين طياته شيئا من فجائية الاكتشاف، ومن خلال مراقبة النجوم وملاحظتها لمدة عام كامل، اتضح أنها في حركتها تتبع مسار قطوع ناقصة صغيرة بالمغايرة مع السماء. وقد تبين أن جميع النجوم تفعل ذلك. ولا يمكن أن يُعد ذلك تغيرا في موضع النجوم، حيث يمكن أن نتوقع تغيرا كبيرا في الموضع بالنسبة للنجوم القريبة، وتغيرا آخر في الموضع يصعب تبيانه بالنسبة للنجوم البعيدة. وبدلا من ذلك، يمكن القول إن الانحراف يماثل كيف أن قطرات المطر، التي تسقط بشكل مباشر على سيارة مسرعة، تبدو للمارة وكأنها تسقط بميل أو انحدار، وكلما أسرعت السيارة كان الانحدار أكبر. ولو كانت الأرض ثابتة في مركز الكون ولا تتحرك بسرعة في مدار حول الشمس، ما كان برادلي قد كشف عن انحراف الضوء. لقد كان دوران الأرض حول الشمس توضيحا إجباريا. وقد أقنعت هذه الحقيقة غالبية علماء الفلك، والبعض غيرهم، ولكنها ـ كما كان برادلي يعتقد ـ لم تقنع «المعادين لكوبرنيكوس».

وفي العام 1837، أثبتت عمليات الملاحظة المباشرة للنجوم بأوضح أسلوب أن الأرض تدور حقا حول الشمس. وقد اكتشف الاختلاف السنوي للمنظر، الذي جرت مناقشته لفترة طويلة، لا من خلال تقديم حجج أفضل، وإنما

عبر استخدام أدوات أفضل. ونظرا لأن تفسير ما يعنيه كان أكثر وضوحا من تفسير انحراف الضوء، فقد كان لاكتشافه أهمية كبيرة. لقد دق هذا الاكتشاف المسمار الأخير في نعش مركزية الأرض. إنك إذا نظرت لإصبعك بعينك اليسرى ثم بعينك اليمنى ستراه يبدو متحركا. ومن هنا، يمكن لأي فرد أن يفهم معنى اختلاف المنظر.

ومع حلول القرن التاسع عشر، كان جميع العلماء الذين طرحوا من قبل فكرة مركزية الأرض قد تحولوا عن رأيهم أو انقرضوا. وبعد أن اقتنع غالبية العلماء، سرعان ما تبدل الرأي العام المثقف في بعض البلدان، خلال ثلاثة أو أربعة أجيال فحسب. وفي زمن جاليليو أو نيوتن، أو حتى بعد ذلك بفترة، كان لا يزال هناك، بطبيعة الحال، بعض المعارضين الذين حاولوا الحيلولة دون قبول الفكرة الجديدة القائلة بمركزية الشمس في الكون أو حتى معرفتها كما كان هناك البعض الآخر الذي أضمر، على الأقل، تحفظات خفية.

ومع حلول القرن العشرين، إذا ما كان هناك من لم يزل يتمسك بأفكار الماضي، أصبحنا قادرين على حسم المسألة بصورة مباشرة، وقادرين على اختبار ما إذا كنا نعيش في منظومة مركزها الأرض وتضم كرات بلورية شفافة، أو في منظومة مركزها الشمس وتشتمل على كواكب خاضعة لسيطرة جاذبية الشمس عن بعد. لقد استطعنا، على سبيل المثال، سبر أغوار الكواكب باستخدام الرادار. وعندما ننجح في تحقيق ارتداد إشارة عن قمر زحل، لا نستقبل أي استجابة بالراديو من أي كرة بلورية أقرب ملحقة بكوكب المشتري. لقد وصلت سفننا الفضائية إلى مواقعها المحددة لها بدقة مذهلة، كما تنبأت بذلك جاذبية نيوتن. وعندما تطير سفننا إلى المريخ، مثلا، لا تسمع معداتها وأدواتها أي أصوات رنانة، كما لا تستبين وجود قطع من بلورة مكسورة عندما تشق طريقها عبر «الكرات» التي تدفع كوكب الزهرة أو الشمس ـ وفقا للآراء الواثقة التي سادت لآلاف من السنين ـ في حركتهما المطيعة حول الأرض المركزية.

وعندما قامت ڤوييچر ـ ١ السفينة بمسح ضوئي للمنظومة الشمسية من وراء الكوكب الأبعد، استطاعت أن ترى بالضبط ما قاله كوبرنيكوس وجاليليو: الشمس في المنتصف والكواكب تدور حولها في مدارات متحدة

المركز. إن كوكب الأرض، بعيدا عن كونه مركز الكون، ليس سوى واحدة من تلك النقاط التي تدور في مدار خاص بها. إننا لم نعد محصورين بعد في عالم وحيد، فلقد أصبحنا قادرين على الوصول إلى عوالم أخرى، وعلى أن نقرر بحسم نوع المنظومة الكوكبية التي نسكنها.

إن الاقتراحات الأخرى كافة، وعددها غفير، لإزاحتنا من المسرح المركزي للكون قد واجهت أيضا مقاومة، ترجع جزئيا لأسباب مماثلة. ويبدو أننا نتوق إلى الامتياز، الذي نستحقه لا بأعمالنا فحسب وإنما بحكم منبتنا أيضا، ومن الحقيقة المجردة التي تعني أننا بشر ولدنا على كوكب الأرض. وهي ما يمكن أن نطلق عليها فكرة عالمٍ يكون الإنسانُ فيه محور الكون.

لقد وصل هذا التصور إلى ذروته من خلال الفكرة القائلة إننا مخلوقون على صورة الله. وفي القرن السادس قبل الميلاد، أدرك الفيلسوف اليوناني إكسينوفانيس غطرسة هذا المنظور: «يصور الأثيوبيون آلهتهم سود اللون وبأنوف فطساء؛ أما أهل تراقيا، فيقولون إن آلهتهم ذات عيون زرقاء وشعر أحمر».

لقد وصفت هذه المواقف بـ «الريفية» ـ حيث التوقع الساذج بأن المراتبية السياسية والتقاليد الاجتماعية لمقاطعة منعزلة تمتد إلى إمبراطورية شاسعة تشتمل على العديد من العادات والثقافات المختلفة، فضلا عن اعتبار المقاطعات المألوفة، مقاطعاتنا، هي مركز العالم. إن أهل الريف، شديدي الحياء، لا يعرفون تقريبا أي شيء عما قد يكون ممكنا في مكان آخر. إنهم لا يقدرون على استيعاب عدم أهمية مقاطعتهم، أو مدى تنوع الإمبراطورية. إنهم يطبقون، بسهولة شديدة، معاييرهم وعاداتهم على بقية أنحاء العالم. ولكنهم إذا ما وجدوا أنفسهم فجأة في ڤيينا، مثلا، أو هامبورج، أو نيويورك، فسوف يدركون بأسى كم كان منظورهم محدودا. وهنا يصبحون «غير ريفيين».

لقد أصبح العلم الحديث رحلة إلى المجهول، تشمل درسا مُنتظرا عند كل توقف. وحري بالنسبة لكثير من المسافرين أن يبقوا في أماكنهم.

3 الاستنزالات الكبيرة للمكانة

أكد (أحد الفلاسفة) أنه يعرف السر برمته... وقام بعمل مسح للزائرين الاثنين القادمين من السماء، من القمة حتى أخمص القدم، ودلل من وجهيهما على أن شخوصهما وعالميهما وشموسهما ونجومهما قد خُلقت لاستخدام الإنسان فحسب. وبسبب هذا التأكيد، ترك المسافران أنفسهما يهويان متتابعين، وأصابتهما نوبة من... الضحك الذي يتعذر إيقافه.

ڤولتير، ميكروميجاس، تاريخ فلسفي (العام 1752م)

في القرن السابع عشر كان الأمل لا يزال قائما في أن كوكب الأرض، حتى وإن لم يكن في مركز الكون، فقد يكون «العالم» الوحيد. ولكن تلسكوب جاليليو كشف عن «أن القمر لا يمتلك بالتأكيد سطحا أملس ومصقولا»، وأن عوالم أخرى يمكن أن تبدو «مثل وجه كوكب الأرض ذاته بالضبط». ولقد أوضح القمر، كما أوضحت الكواكب الأخرى، بما لا يدع مجالا للخطأ، أنها عوالم تماثل كوكب الأرض - فعليها جبال وفوهات، وبها أغلفة جوية وقمم لأقطاب جليدية، وسحب. وفي حالة كوكب زحل، هناك مجموعة باهرة متألقة من الحلقات التي تحيط به، ولم يسمع عنها أحد من قبل. وقد حُسِمت القضية، بعد آلاف السنين من المداولات الفلسفية، لمصلحة «تعدد العوالم». وربما تختلف هذه العوالم تماما عن كوكبنا، وقد لا يكون أي منها ملائما للحياة مثل كوكبنا. ولكن كوكب الأرض كان بصعوبة هو الكوكب الوحيد الملائم للحياة.

كانت تلك هي الحلقة التالية في سلسلة الاستنزالات الكبيرة للمكانة والخبرات المتأرجحة بين الفشل والنجاح، والأدلة على وضوح أهميتنا، والجراح التي ألحقها العلم بكبرياء الإنسان، في

خضم بحثه عن حقائق جاليليو.

حسنا [*]، كان البعض يأمل في أن تقع الشمس في مركز الكون، مادام كوكب الأرض ليس كذلك، فالشمس هي شمسنا، ومن ثم فكوكب الأرض تقريبا في مركز الكون. وربما، ننقذ بهذه الكيفية، بعضا من كبريائنا. ولكن بحلول القرن التاسع عشر أوضح علم الفلك، المرتكز على الملاحظة، أن الشمس ليست سوى أحد النجوم المنعزلة في مجموعة من الشموس ذاتية الجاذبية، تسمى مجرة درب التبانة. وبعيدا عن كونها في مركز المجرة، فإن شمسنا، بما يحيط بها من كواكب معتمة بالغة الصغر، تقع في قطاع غير متميز من ذراع لولبي قاتم. إننا نبعد بمسافة 30 ألف سنة ضوئية عن المركز.

حسنا، درب التبانة باعتبارها مجرتنا هي إذن المجرة الوحيدة. هكذا كان يأمل البعض ولكن مجرة درب التبانة هي واحدة من بلايين، وربما مئات البلايين من المجرات التي لا نلحظها، سواء من زاوية كتلتها أو تألقها، أو حتى كيفية ترتيب وتشكيل نجومها. إن بعض الصور الفوتوغرافية الحديثة المأخوذة لعمق السماء توضح وجود عدد من المجرات، خلف مجرة درب التبانة، يزيد على عدد نجوم مجرة درب التبانة ذاتها. وكل مجرة منها هي جزيرة كونية، ربما تضم مئات البلايين من الشموس. وتعد مثل هذه الصور موعظة عميقة في التواضع.

حسنا، إذن فمجرتنا تقع، على الأقل، في مركز الكون، هكذا كان يأمل البعض أيضا. كلا، هذا غير صحيح كذلك. عندما تم اكتشاف تمدد الكون للمرة الأولى، انجذب كثير من الناس بطبيعة الحال، إلى فكرة اعتبار درب التبانة مركزا للتمدد، وأن كل المجرات الأخرى تفر بعيدا عنا. أما الآن فنحن ندرك أن علماء الفلك في أي مجرة سوف يرون المجرات الأخرى تفر بعيدا عن مجرتهم. وإذا لم يتوخوا الحرص، فسوف يصل كل منهم إلى نتيجة مؤداها أن مجرته تقع في مركز الكون. وفي واقع الأمر، لا يوجد مركز للتمدد، ولا توجد نقطة بداية للانفجار الكبير، أو لا توجد على الأقل في الفضاء المألوف ثلاثي الأبعاد.

(*) هذه الفقرة أو الفقرات التالية البادئة بصيغة التعجب «حسنا» هي جدالات للمؤلف مع البعض الواقعي أو المفترض حول الأمور الكونية - المراجع.

حسنا، حتى إذا كان هناك مئات البلايين من المجرات، تشتمل كل منها على مئات البلايين من النجوم، فلا يوجد نجم آخر لديه كواكب، هكذا يجادل البعض. ولكن إذا لم تكن هناك كواكب أخرى خلف منظومتنا الشمسية، فربما لا توجد أي حياة أخرى في الكون. وبهذه الكيفية، حوفظ على تفردنا. ونظرا لأن الكواكب صغيرة ولمعانها ضعيف، بفعل انعكاس ضوء الشمس، فإنه يصبح من الصعب العثور عليها. وعلى الرغم من سرعة التقدم المذهلة في التكنولوچيا العملية، فإن كوكبا عملاقا مثل المشتري، وهو يدور حول أقرب نجم، ألفا قنطورس (Alpha Centauri)، لا يزال يصعب اكتشافه، ومن ثم يمنح جهلنا هذا الأمل للقائلين بمركزية الأرض.

ذات يوم وجدت فرضية علمية ـ لم تُستقبل بصورة جيدة فحسب بل أصبحت سائدة ـ ترى أن نظامنا الشمسي قد تشكل من خلال التصادم عن قرب بين الشمس القديمة ونجم آخر، وأدى التفاعل العارم الناجم عن الجاذبية إلى ابتعاد أجزاء لولبية رفيعة من مادة الشمس، سرعان ما تكثفت وأصبحت كواكب. وبما أن الفضاء يعد خاليا إلى حد بعيد، والتصادمات النجمية القريبة شديدة الندرة، فقد أمكن التوصل إلى وجود بضعة منظومات كوكبية أخرى ـ وربما كانت واحدة منها فقط ـ حول ذلك النجم الآخر الذي شارك، منذ أمد طويل، في أبوة عوالم منظومتنا الشمسية. وفي دراساتي المبكرة، كنت مندهشا، بل ومحبطا، من عدم النظر لهذه الرؤية بجدية، حيث إنه بالنسبة لكواكب نجوم أخرى، اعتبر غياب الدليل دليلا على الغياب.

أما اليوم، فإننا نمتلك دليلا قاطعا على وجود ثلاثة كواكب على الأقل تدور حول نجم شديد الكثافة هو البُلسار[1] الذي سمي B1257 + 12، وسوف أتحدث عنه كثيرا فيما بعد. وبالنسبة للنجوم التي تماثل كتلها كتلة الشمس، فقد وجدنا أن ما يقرب من نصف هذه النجوم كانت محاطة في مساراتها المبكرة بأقراص ضخمة من الغاز والغبار والتي يبدو أن الكواكب قد تشكلت منها. وتبدو المنظومات الكوكبية الأخرى شيئا كونيا مألوفا، ربما حتى عوالم تشبه إلى حد ما كوكب الأرض. وينبغي أن نتمكن في العقود القليلة المقبلة من عمل سرد مفصل للكواكب الأكبر على الأقل، التابعة لمئات من النجوم القريبة، في حال وجودها.

حسنا، إذا كان موقعنا في الفضاء لا يكشف عن دورنا المتميز، فإن

موقعنا في الزمن يفعل هذا: لقد كنا في الكون منذ البداية (قبلها أو بعدها بأيام قليلة). ولقد أعطانا الخالق مسؤوليات خاصة. وبدا معقولا جدا ذات يوم أن نفكر في الكون بوصفه البداية قبل أن يضفي مسار الزمن وأمية أسلافنا ـ لفترة قصيرة ـ عتامة على ذاكرتنا الجمعية. وبشكل عام، أعني منذ مئات أو آلاف من السنين، أن الأديان التي توهمنا أنها تصف نشوء الكون، عادة ما تحدد ـ بصورة صريحة أو ضمنية ـ تاريخ البداية، بشكل كلاسيكي تقريبا، كيوم ميلاد للعالم.

وإذا جمعنا «الأنساب» كافة في سفر التكوين، على سبيل المثال، فسوف نحصل على عمر لكوكب الأرض: يصل إلى 6 آلاف سنة، ويقل أو يزيد قليلا، ويُقال إن الكون قديم جدا يماثل قدمه عُمر كوكب الأرض، هذا هو معيار اليهود والمسيحيين والأصوليين الإسلاميين، والذي ينعكس بوضوح في التقويم اليهودي.

ولكن باعتباره شابا على النحو المشار إليه يثير الكون تساؤلا خطيرا: كيف يتسنى وجود بعض الأشياء الفلكية التي تبعد أكثر من 6 آلاف سنة ضوئية؟ فالأمر يتطلب من الضوء مدة سنة كي يسافر سنة ضوئية، و10 آلاف سنة كي يسافر 10 آلاف سنة ضوئية، وهلم جرا. وعندما ننظر إلى مركز مجرة درب التبانة، فإن الضوء الذي نراه يكون قد ترك مصدره منذ 30 ألف سنة مضت. وأقرب مجرة لولبية مثل مجرتنا، وهي المجرة M31 في كوكبة أندروميدا، تبعد بمقدار مليوني سنة ضوئية. فنحن نراها إذن كما كانت عندما انبعث منها الضوء في رحلته الطويلة إلى كوكب الأرض ـ أي منذ مليوني سنة مضت. وعندما نراقب المنابع الراديوية البعيدة الشبيهة بالنجوم (الكوازارات) التي تبعد بمسافة 5 بلايين سنة ضوئية، فإننا نراها كما كانت منذ 5 بلايين سنة مضت، أي قبل أن تتشكل الأرض (وهي على الأغلب، تختلف اليوم تماما عما كانت).

وعلى الرغم من ذلك، إذا قبلنا الحقيقة الحرفية التي ترد بالكتب الدينية، فكيف يمكننا إذن تحقيق المصالحة بينها وبين البيانات التي لدينا؟ النتيجة الوحيدة الجديرة بالتصديق، كما أعتقد، هي أن الله قد خلق مؤخرا جميع فوتونات الضوء التي تصل إلى الأرض في صورة متماسكة من أجل تضليل أجيال من علماء الفلك ووقوعهم في سوء الفهم بشأن وجود أشياء

مثل المجرات وأشباه النجوم، ومن ثم دفعهم عن عمد إلى نتيجة مزيفة بشأن اتساع الكون وقدمه. هذه ثيولوچيا حاقدة، وما زلت أجد صعوبة في تصديق أن أي إنسان، مهما كان مدى إخلاصه للوحي الإلهي بأي كتاب ديني، يمكن أن يعتقد بجدية في ذلك.

وإضافة إلى ذلك، فإن تاريخ النشاط الإشعاعي للصخور ووفرة فوهات التصادم[2] في عدد من العوالم، وتطور النجوم، وتمدد الكون، تقدم دليلا دامغا ومستقلا على أن عمر كوننا يصل إلى بلايين عدة من السنين ـ برغم التأكيدات الواثقة التي يقدمها رجال اللاهوت المتمسكون بالحرفية الشديدة بأن عالما عتيقا كهذا لا يمكن إلا للدين[3] التوصل إلى المعلومات الخاصة بمدى قدمه. وبطبيعة الحال، لا تُثار مثل هذه المشكلة بالنسبة للعديد من المتدينين الذين يتعاملون مع الكتاب المقدس والقرآن (الكريم) كأدلة تاريخية وأخلاقية، وكأدبيات عظيمة.

لقد انصرمت عصور عدة قبل أن يبدأ كوكب الأرض. ولسوف تمضي عصور أخرى في مجراها قبل أن يتعرض كوكب الأرض للتدمير. وهناك ضرورة لإجراء تمييز بين عُمر كوكب الأرض (حوالي 4,5 بليون سنة) وعُمر الكون (حوالي 15 بليون سنة منذ الانفجار الكبير). إن الفترة الزمنية الضخمة الفاصلة بين بداية الكون وعصرنا تصل إلى الثلثين قبل ظهور كوكب الأرض للوجود. وهناك بعض النجوم والمنظومات الكوكبية أصغر ببلايين السنين، في حين أن البعض الآخر أكبر ببلايين السنين. ولكن الإصحاح الأول بسفر التكوين، يشير في آيته الأولى إلى أن خلق الكون والأرض قد حدث في اليوم نفسه. هذا في حين تميل العقائد الهندوسية والبوذية واليانية إلى عدم المزج بين الحدثين.

أما بالنسبة لنا كبشر، فقد جئنا متأخرين. وظهرنا في اللحظة الأخيرة من لحظات الزمن الكوني. إن تاريخ الكون حتى الآن كان يمثل 99,998٪ قبل وصول نوعنا البشري إلى خشبة المسرح. وفي إطار هذا الاكتساح الضخم للدهور، لم نكن نقدر على أن نأخذ على عاتقنا أي مسؤوليات خاصة بكوكبنا، أو بحياتنا، أو بأي شيء آخر: فنحن لم نكن موجودين.

حسنا، إن لم نكن قادرين على إيجاد شيء خاص يتعلق بوضعنا أو بعصرنا، فربما كان هناك شيء خاص يتعلق بحركتنا. لقد كان نيوتن،

وعلماء الفيزياء الكلاسيكيون كافة، يعتقدون أن سرعة كوكب الأرض في الفضاء تشكل «إطارا مرجعيا متميزا». وهي التسمية التي كانت مستخدمة بالفعل. ولكن ألبرت آينشتاين الذي كان ناقدا لاذعا للتحيز والتميز طوال حياته، اعتبر هذه الفيزياء «المطلقة»، بقايا شوفينية أرضية يزداد ضعف الثقة فيها. لقد كان يرى ضرورة أن تظل قوانين الطبيعة واحدة بصرف النظر عن سرعة المراقب أو إطاره المرجعي. وبدءا من هنا، كنقطة انطلاق، قام آينشتاين بتطوير نظرية النسبية الخاصة. وهي نظرية غريبة، مخالفة للحدس، وتتناقض إلى حد كبير مع الحس العادي ـ ولكن هذا يحدث عند السرعات العالية فقط. وقد أوضحت الملاحظات المتأنية والمتكررة أن هذه النظرية، ذائعة الصيت عن حق، تُعد وصفا دقيقا لكيفية صُنْع العالم. فحدسنا العادي يمكن أن يُخطئ. وتفضيلاتنا لا توضع في الحسبان. إننا لا نعيش في إطار مرجعي متميز.

ويعد تمدد الزمن إحدى نتائج نظرية النسبية الخاصة ـ فالوقت يبطئ مع اقتراب المراقب من سرعة الضوء. ولا يزال بإمكاننا إيجاد مزاعم حول تطبيق تمدد الزمن على الساعات والجزيئات الأولية ـ ومن المفترض تطبيقه أيضا على دورة التكرار اليومية (كل 24 ساعة) وغيرها من المتكررات النظامية في النبات والحيوان والميكروبات ـ ولكن لا يمكن تطبيقه على الساعة البيولوچية البشرية. إن نوعنا الإنساني ـ كما يقترح ـ تمنحه قوانين الطبيعة حصانة خاصة، وهي قوانين يتحتم أن تكون قادرة، وفقا لذلك، على التمييز بين المجموعات الجديرة وغير الجديرة من المادة (البرهان الذي قدمه آينشتاين للنسبية الخاصة لا يعترف، في واقع الأمر، بهذه التمايزات). إن فكرة استثناء البشر من النظرية النسبية تبدو تجسيدا آخر لفكرة الخلق الخاص.

حسنا، حتى إذا كان موقعنا، وعصرنا، وحركتنا، وعالمنا، لا تتسم جميعها بالتفرد، فربما نحن المتفردون. إننا نختلف عن الحيوانات الأخرى، لقد خُلِقنا بشكل خاص. إن التفاني الخاص لخالق الكون يبدو واضحا فينا. لقد تم الدفاع عن هذا الموقف بتحمس شديد على أساس ديني، وغيره من الأسس. ولكن تشارلز داروين، في منتصف القرن التاسع عشر، أوضح على نحو يبعث على الاقتناع، كيف يمكن أن يتطور أحد الأنواع إلى نوع آخر من

خلال عمليات طبيعية بالكامل، وهو ما يقود إلى قسوة فعل الطبيعة لإنقاذ الصفات الوراثية العاملة ونبذ الصفات الوراثية غير العاملة. «الإنسان بغطرسته يعتبر نفسه عملا عظيما يستحق تفسيرا من إله»، هكذا كتب داروين بصورة تلغرافية في مفكرته. «من التواضع، كما أعتقد، والأصدق، أن نعتبره منحدرا من الحيوان». إن علاقات البشر العميقة والحميمية مع أشكال الحياة الأخرى، أقيم الدليل عليها بقوة في نهايات القرن العشرين، وذلك من خلال علم البيولوچيا الجزيئية الجديد.

وفي كل عصر نجد أن النزعات الشوفينية، المنطوية على تهنئة ذاتية، تواجه، مع ذلك، معارضة في ميدان آخر من ميادين النقاش العلمي ـ ونجدها في هذا القرن، على سبيل المثال، في المحاولات الرامية لفهم طبيعة النشاط الجنسي البشري، ووجود العقل الباطن، وحقيقة أن كثيرا من الأمراض النفسية و«نواحي الخلل» في الشخصية لها أصل جزيئيّ.

حسنا، فحتى إذا كنا نرتبط بشكل وثيق ببعض الحيوانات الأخرى، فإننا نختلف أيضا ـ ليس فقط من حيث الدرجة، وإنما أيضا من حيث النوعية ـ بشأن الأمور ذات الأهمية بالفعل: العقل، والوعي الذاتي، وصنع الأدوات، والأخلاقيات، وحب الغير، والدين، واللغة، ونبل الشخصية. وبينما يمتلك البشر، مثل كل الحيوانات، سمات تميزهم عن بعضهم البعض ـ وإلا كيف يمكننا التمييز بين نوع وآخر؟ ـ كانت هناك مبالغة، وأحيانا مفرطة، في تفرد الإنسان. فالشمبانزي يفكر، ويمتلك وعيا ذاتيا، ويصنع الأدوات، ويُبدي أمارات التفاني والإخلاص... وغير ذلك. إن الإنسان والشمبانزي يشتركان في 99,6 في المئة من الچينات الفعّالة. (وقد درست مع آن درويان الأدلة على ذلك في كتابنا المشترك: ظلال الأسلاف المنسيين «Shadows of Forgotten Ancestors»).

وتشتمل الثقافة الشعبية على الموقف المضاد تماما، على الرغم من اشتقاقه، هو الآخر، من الشوفينية البشرية (إضافة إلى عجز الخيال وإخفاقه): ففي حكايات الأطفال والرسوم المتحركة ترتدي الحيوانات الملابس، وتعيش في منازل، وتستخدم السكين أو الشوكة، بل وتتكلم. فالدببة الثلاثة تنام في أسرة. وتذهب البومة والقطة إلى البحر في زورق جميل لونه أخضر فاتح. وتحتضن أم الديناصورات صغارها. أما البجع، فيقوم

بتوصيل البريد، والكلاب تسوق القطط، والدودة تمسك باللص، والحيوانات الأليفة لها أسماء بشرية، والعرائس، وكسارات البندق، والفناجين وأطباق الفناجين ترقص وتبدي رأيها، والصحون تجري مع الملاعق. وفي مسلسل «Thomas and the Tank Engine»، نشاهد سيارات وعربات قطارات ذات صفات بشرية ومصورة بشكل جذاب. وبغض النظر عما نفكر فيه، سواء أكان حيا أم غير حي، فإننا نميل لإضفاء السمات البشرية عليه. لا نقدر على منع أنفسنا، فالصور تأتي جاهزة إلى عقولنا، والأطفال يقعون في غرامها بوضوح.

عندما نتحدث عن سماء تحمل «تهديدا»، أو بحر «هائج»، أو ماسة «تقاوم» الخدش، أو عن كوكب الأرض «الذي يجذب» أحد الكويكبات المارة، أو عن ذرة «تستثار»، فإننا نجتذب مرة أخرى إلى رؤية عالمية روحانية. إننا نعتبر الأشياء المجردة أشياء مادية. إن إحدى المستويات القديمة في تفكيرنا تضفي الحياة والعاطفة والفكر المتروي على الطبيعة غير الحية.

وفكرة امتلاك الأرض لوعي ذاتي أخذت تنمو مؤخرا، على أطراف فرضية أسطورة «جيا» [4] (Gaia). ولكن هذا الاعتقاد كان مألوفا لدى قدامى اليونانيين وأوائل المسيحيين. وكان أوريجون يتساءل عما إذا كانت «الأرض أيضا، وفقا لطبيعتها الخاصة، مسؤولة عن بعض من الخطايا». كما كانت جمهرة من قدامى العلماء تعتقد أن النجوم حية. وكان يتبنى هذا الموقف أيضا أوريجون، والقديس أومبروز (المعلم المخلص للقديس أوغسطين)، بل وحتى ـ على أسس ذات أهلية ـ القديس توما الأكويني. أما الموقف الفلسفي الرواقي، فقد عبر عنه شيشرون في القرن الأول قبل الميلاد: «مادامت الشمس تماثل تلك النيران المحتواة في أجساد الكائنات الحية، فالشمس لا بد أن تكون حية هي الأخرى».

ويبدو أن المواقف الروحانية بوجه عام والتي وجدت مؤخرا لا تزال تنتشر. ففي العام 1954، أوضح مسح أمريكي أن 75٪ من الأفراد الذين شملهم استطلاع الرأي كانوا راغبين في التصريح بأن الشمس غير حية. أما في العام 1989، فقد كان 30٪ فقط مستعدين لتأييد مثل هذا الافتراض الطائش. وبالنسبة للسؤال الخاص عمّا إذا كان إطار عجلة السيارة قادرا على الشعور بأي شيء، فقد أنكر 90٪ من الأفراد الذين شملهم المسح في

العام 1954 وجود مثل هذه المشاعر، في حين كان هذا هو موقف 73٪ فقط في العام 1989.

يمكننا الإقرار هنا بعجزنا ـ الخطير في بعض الظروف ـ فيما يتعلق بقدرتنا على إدراك العالم. فعلى نحو مميز، يبدو أننا، شئنا أم أبينا، مجبرون على أن نسقط سماتنا المميزة الخاصة على الطبيعة. وعلى الرغم مما قد ينجم عن ذلك من رؤية مشوهة دوما للعالم، فإنه يتسم بميزة واحدة كبرى ـ هي أن هذا الإسقاط يعد المتطلب الأساسي لمشاعر الشفقة والحنان.

فليكن، قد لا نكون عظماء، وربما نرتبط بصورة مزرية بالقردة، ولكننا على الأقل أفضل الموجودين. فنحن في النهاية المخلوقات الذكية الوحيدة في الكون. لقد كتب لي أحد المراسلين قائلا: «إنني متأكد من هذه المسألة مثل أي شيء في خبرتي. لا توجد حياة عاقلة في أي مكان آخر في الكون وهكذا يعود البشر إلى وضعهم الطبيعي كمركز للكون». ولكن غالبية الناس اليوم، في الولايات المتحدة على الأقل، يرفضون جزئيا عبر تأثير العلم والخيال العلمي هذا الافتراض ـ ولأسباب أعلنها من حيث الجوهر الفيلسوف اليوناني القديم كريسبس: «إن أي إنسان موجود يعتقد في عدم وجود شيء في العالم بكامله أسمى منه، إنما يعد حالة مختلة من العجرفة».

ولكن الحقيقة البسيطة تكمن في أننا لم نجد حتى الآن أي حياة خارج كوكب الأرض. وما زلنا في مراحل البحث المبكرة. والقضية مفتوحة على مصراعيها. وإذا ما حاولت التخمين ـ وخاصة مع وضع تلك السلسلة الطويلة من نزاعاتنا الشوفينية الفاشلة بعين الاعتبار ـ لقلت إن الكون مملوء بكائنات أذكى وأكثر تقدما من الإنسان. وربما أكون مخطئا، بطبيعة الحال. فهذه النتيجة ترتكز، في أحسن الأحوال، على حجة جديرة بالتصديق، مستقاة من عدد الكواكب، ومن وجود المادة العضوية في كل مكان، ومن المقياس الزمني الضخم المتاح أمام التطور... وغير ذلك. ولا يشكل حديثي هذا نوعا من التوضيح العلمي، فالمسألة تعد واحدة من أكثر التساؤلات سحرا في كل ما يتعلق بالعلم. ولا نحاول في هذا الكتاب، سوى تطوير الأدوات اللازمة لمعالجة الأمر بجدية.

وماذا عن القضية المرتبطة بتلك المسألة بشأن مدى قدرتنا على إبداع مخلوقات أكثر منا ذكاء؟ إن أجهزة الكمبيوتر تقوم على نحو نمطي، بإجراء

حسابات وعمليات رياضية لا يمكن لأي بشر القيام بها دون معاونة، كما أنها تتفوق على أبطال لعبة الشطرنج في العالم وأساتذتها الكبار، بل وتتحدث وتفهم اللغة الإنجليزية وغيرها من اللغات، وتكتب قصصا قصيرة صالحة للقراءة، وتضع مؤلفات موسيقية مستساغة، وتتعلم من أخطائها، وتفي بأغراض السفن الرائدة والطائرات ومركبات الفضاء. إن قدرة أجهزة الكمبيوتر آخذة في التحسن باضطراد. وهي الآن أصغر حجما، وأسرع أداء، وأرخص سعرا. وفي كل عام، يرتطم مدّ التقدم العلمي برفق بشاطئ أبعد قليلا عن جزيرة التفرد الفكري للبشر، مصحوبا بأشخاصه المحصنين الذين يحظون بالتوفيق في الوصول إلى الشاطئ. وإذا كنا في هذه المرحلة المبكرة من تطورنا التكنولوجي، قادرين على أن ننجح نجاحا عظيما في إبداع كائنات ذكية من السيليكون والمعدن، فيا ترى ما الذي سنستطيع عمله في العقود والقرون المقبلة؟ ماذا سيحدث عندما تصبح تلك الآلات الذكية قادرة على تصنيع آلات أذكى؟

ربما يكون أوضح دليل على أن البحث عن وضع مميز غير مستحق للبشر لن يتم التخلي عنه إطلاقا هو ما يطلق عليه في الفيزياء وعلم الفلك المبدأ البشري (Anthropic principle). وقد يكون الأفضل أن يسمى مركزية الإنسان في الكون (anthropocentrism). ويتجلى هذا المبدأ في أشكال متعددة. إن المبدأ البشري «الضعيف» يلحظ فحسب أنه إن كانت قوانين الطبيعة والثوابت الفيزيائية ـ مثل سرعة الضوء، والشحنة الكهربية للإلكترون، وثابت الجاذبية لنيوتن أو ثابت الكم الميكانيكي لبلانك ـ قد أصبحت مختلفة فلن نتمكن أبدا من معرفة مجرى الأحداث المفضية إلى أصل البشر. وفي ظل قوانين وثوابت أخرى، لم تكن الذرات لتتماسك مجتمعة، وكانت النجوم ستتطور بسرعة كبيرة لتتيح للحياة الوقت الكافي للنشوء على الكواكب القريبة. ولم تكن العناصر الكيميائية التي تتشكل منها الحياة لتولد على الإطلاق... وهلم جرا. فمع قوانين مختلفة، لن يوجد الإنسان.

لا يوجد خلاف حول المبدأ البشري الضعيف: قم بتغيير قوانين الطبيعة وثوابتها، إن استطعت، وعندئذ سيظهر كون مختلف تماما ـ كون لا ينسجم، في حالات عدة، مع الحياة [5]. إن مجرد حقيقة وجودنا تقتضي ضمنا (ولكنها لا تفرض) قيودا على قوانين الطبيعة. وفي المقابل، فإن مختلف

المبادئ البشرية «القوية» تذهب لأبعد من ذلك؛ ويقترب بعض المدافعين عنها من استنتاج أن قوانين الطبيعة وقيم الثوابت الفيزيائية قد تأسست (لا تسأل كيف أو عن طريق من) بحيث يأتي البشر إلى الوجود في نهاية المطاف. كما يقولون إن جميع الأكوان الأخرى المحتملة، تقريبا، غير ملائمة للعيش فيها. وبهذه الكيفية، تنتعش مرة أخرى الفكرة القديمة حول الكون الذي صنع خصيصا من أجلنا.

وترجعني هذه المسألة، إلى د. بانجلوس في «كانديد» لڤولتير، الذي يرى أن العالم مع كل نواقصه، هو أفضل الممكن. ويبدو الأمر مثلما أربح أول رمية في لعبة البريدج، وأنا أعرف أن هناك 54 بليون بليون بليون (4، 5*2810) رمية أخرى محتملة كان يمكن، بالاحتمالية نفسها، أن أقوم بها... ثم أستنتج ببلاهة أن إله الحظ يفضلني، وأن تركيب أوراق اللعب وخلطها تما، بحيث كان فوزي مقدرا منذ البداية. إننا لا نعرف كم عدد الرميات الفائزة الأخرى الموجودة في أوراق اللعب الكونية، وكم عدد الأنواع الأخرى من الأكوان، وقوانين الطبيعة والثوابت الفيزيائية التي يمكن أن تقود أيضا إلى وجود حياة وكائنات ذكية، بل وربما تفضي حتى إلى أوهام الأهمية الذاتية. وما دمنا لا نعرف أبعد من اللاشيء عن كيفية صنع الكون - أو حتى ما إذا كان قد صنع - فمن الصعوبة متابعة هذه الأفكار بشكل مثمر.

لقد تساءل ڤولتير، «لماذا يوجد أي شيء؟». أما صياغة آينشتاين فكانت تساؤلا حول ما إذا كان هناك أي خيار في خلق الكون. ولكن لو كان قِدَم الكون بلا نهاية (إذن فلن يكون الانفجار الكبير منذ ما يقرب من 15 بليون سنة سوى أحدث النتوءات في سلسلة لا نهائية من الانكماشات والتمددات الكونية) فإنه إذن لم يخلق أبدا، ويصبح السؤال المتعلق بلماذا يبدو الكون على ما هو عليه سؤالا بلا معنى.

ومن ناحية أخرى، إذا كان عمر الكون بلا نهاية، فلماذا يبدو على ما هو عليه؟ لماذا لم يأخذ طابعا مغايرا تماما؟ ما هي قوانين الطبيعة التي تتفق وأي شيء آخر؟ هل هناك قوانين سامية تحدد العلاقات والروابط؟ وهل من الممكن اكتشافها؟ وما هي القوانين من بين جميع قوانين الجاذبية التي ندركها، التي يمكن أن توجد في الوقت نفسه مع أي قوانين مدركة لفيزياء

الكم تحدد وجود المادة ذاتها التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وهل جميع القوانين التي نفكر فيها ممكنة، أم أن هناك عددا محدودا فحسب يمكن، بشكل ما، أن يتحقق وجوده؟ ويبدو جليا أننا لا نمتلك فكرة واضحة حول كيفية تحديد أي من قوانين الطبيعة يعد «ممكنا» وأيها غير ممكن. كما أننا لا نمتلك ما هو أكثر من الفكرة البدائية تقريبا بشأن «المسموح به» من علاقات متبادلة لقوانين الطبيعة.

وعلى سبيل المثال، يحدد قانون الجاذبية العام لنيوتن أن قوى الجاذبية المتبادلة التي تجذب جسمين لبعضهما البعض تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما. فإذا تحركت بمقدار يعادل ضعف المسافة من مركز الأرض، فإن وزنك يعادل الرُبع، وإذا بعدت بمقدار عشرة أضعاف عندئذ تصل إلى 1/100 من وزنك العادي،... وهلم جرا. إنه قانون التربيع العكسي الذي يتيح وجود المدارات الدائرية والبيضاوية المتقنة للكواكب حول الشمس، وللأقمار حول الكواكب - فضلا عن المسارات الدقيقة لسفن الفضاء حول الكواكب. فإذا كانت «ف» هي المسافة بين مركزي الكتلتين، فإننا نقول عندئذ إن قوة الجاذبية تتراوح بمعدل 1/ف^{2}.

ولو كان هذا الدليل مختلفا - أي إذا كان قانون الجاذبية 1/ف^{4} وليس 1/ف^{2}- ما تقاربت المدارات، ولأصبحت الكواكب، بعد بلايين الدورات، تتحرك حركة لولبية نحو الداخل حيث تلتهمها الأعماق النارية للشمس، أو تتحرك حركة لولبية نحو الخارج وتُفقَد في الفضاء الفسيح الواقع بين النجوم. وإذا كان الكون مبنيا على أساس قانون 1/ف^{4}، وليس على أساس قانون التربيع العكسي، فسرعان ما تختفي الكواكب، ولا يصبح لها وجود كي تسكن فيها كائنات حية.

وهكذا، فمن بين جميع قوانين الجاذبية الممكنة، تُرى لماذا حالفنا الحظ للعيش في كون يحظى بقانون متسق مع نشوء الحياة؟ أولا: نحن «محظوظون» جدا، فلو الأمر خلاف ذلك لكنا غير موجودين لنسأل هذا السؤال. وليس لغزا أن الكائنات المحبة للبحث والاستقصاء، التي تتطور فوق الكواكب لا يمكن أن توجه إلا في أكوان تحتمل وجود الكواكب. ثانيا: لا يعد قانون التربيع العكسي القانون الوحيد المتسق مع الاستقرار المتحقق عبر بلايين السنين. فأي قانون للقوة الأقل من 1/ف^{3} (مثلا: 1/ف^{2,99} أو 1/ف^{3}) سوف

يحافظ على وجود كوكب ما في الجوار بمدار دائري، حتى إذا ما تعرض لدفعة عنيفة. إننا نميل إلى التغاضي عن إمكان وجود قوانين أخرى مدركة للطبيعة تتسق أيضا مع وجود الحياة.

ولكن ثمة نقطة أخرى: فقانون التربيع العكسي ليس اعتباطيا. وعندما فُهمت نظرية نيوتن من زاوية النظرية النسبية العامة الأكثر شمولا، أدركنا أن الأُس الخاص بقانون الجاذبية هو الرقم 2، إذ إن العدد الذي يعبر عن الأبعاد الفيزيائية التي نعيش في إطارها هو 3. وجدير بالقول إن جاذبية نيوتن ليست مظهرا طارئا للكون الذي نحيا فيه، بل هي ضرورية.

في النظرية العامة للنسبية، ترجع الجاذبية إلى تقوس الفضاء ونسبته إلى أبعاد. وعندما نتحدث عن الجاذبية، فإننا نتحدث عن شيء يماثل غمازات الوجه الموضعية في الزمن الفضائي. وهذا أمر بديهي بأي حال، بل هو حتى يتحدى أفكار الفطرة السليمة. ولكن بالدراسة العميقة، نجد أن فكرتي الجاذبية والكتلة لا تنفصلان، وإنما تمثلان فرعين من الهندسة المختصة بالزمن الفضائي.

وإنني لأتعجب لماذا لم ينطبق شيء مثل هذا، بشكل عام، على جميع الفروض البشرية. فقد اتضح أن قوانين الثوابت الفيزيائية، التي ترتكز عليها حياتنا، أصبحت أعضاء في طائفة ربما تكون طائفة واسعة تضم قوانين وثوابت فيزيائية أخرى - ولكن بعضها يتوافق أيضا مع نوع ما من الحياة. ونحن عادة لا نعمل (أو لا يمكن أن نعمل) من خلال ما تسمح به الأكوان الأخرى. وفوق ذلك فليس كل اختيار اعتباطيّ لقانون من قوانين الطبيعة، أو لثابت فيزيائي، متاحا، حتى أمام صانع الكون. إن إدراكنا لما تطرحه قوانين الطبيعة والثوابت الفيزيائية يعد، في أحسن الأحوال، إدراكا مشظًّى.

وعلاوة على ذلك، لا يتيسر لدينا وسيلة نفاذ إلى أي من تلك الأكوان البديلة المفترضة. ونحن لا نملك أي منهج تجريبيّ قد نختبر من خلاله الفروض البشرية. وحتى إذا كان وجود تلك الأكوان ينبع بشكل راسخ من نظريات جيدة التأسيس - ناتجة عن ميكانيكا الكم أو الجاذبية، مثلا - فلا يمكننا التأكد من عدم وجود نظريات أفضل بإمكانها التنبؤ بعدم وجود أكوان بديلة. وإلى أن يحدث ذلك، إذا ما حدث في أي وقت، يبدو لي أن

الاعتقاد في المبدأ البشري، بوصفه حجة على مركزية الإنسان أو تفرده، لا يزال مبتسرا.

واخيرا، فحتى إذا كان الكون قد خلق عمدا لإتاحة إمكان نشوء الحياة أو الذكاء فقد توجد كائنات أخرى في عوالم لا تعد ولا تحصى. وإذا ما كان الأمر كذلك، فإن عزاء أنصار مركزية الإنسان أننا نسكن في أحد الأكوان القليلة التي تتيح الحياة والذكاء.

وهناك شئ ما محدد وبصورة مذهلة بشأن كيفية صياغة المبدأ البشري، نعم، هناك فحسب قوانين وثوابت معينة في الطبيعة تتسق مع نوع حياتنا. ولكن هذه القوانين والثوابت ذاتها هي المطلوبة في الأساس لصنع صخرة، لماذا إذن لا نتحدث عن عالم جرى تصميمه بحيث تظهر الصخور للوجود في يوم ما، ومن ثم تبرز المبادئ الصخرية القوية والضعيفة؟ وإذا ما استطاعت الصخور أن تتفلسف فأعتقد أن المبادىء الصخرية ستكون عند الحدود الفكرية.

وقد صيغت اليوم نماذج كوزمولوجية [6]، لا يعد خلالها حتى الكون برمته شيئا خاصا. فقد قام أندريه ليندي ـ الذي كان يعمل سابقا في معهد ليبيديف للفيزياء في موسكو، ويعمل الآن بجامعة ستانفورد ـ بإدماج الفهم الحالي الخاص بالقوى النووية، القوية والضعيفة، وفيزياء الكم مع النموذج الكوزمولوجي الجديد. يتصور ليندي وجود كون أضخم بكثير من كوننا ـ ربما يمتد إلى اللانهاية، سواء في المكان أو الزمان ـ وليس مجرد كون تافه نصف قطره 15 بليون سنة ضوئية [7] أو نحو ذلك وعمره 15 بليون سنة، وهو الفهم المألوف للمسألة. في ذلك الكون، كما هو الحال لدينا، يوجد نوع من زغب الكم (الكوانتم)، حيث الهياكل الدقيقة، الأصغر من الإلكترون، تتشكل في كل مكان، ويعاد تشكيلها وتتشتت، ومنها تخلق ترددات الفضاء الفارغ تماما، مثلما الحال لدينا، أزواجا من الجزيئات الأولية ـ إلكترون وبوزيترون، على سبيل المثال. وفي رغاوي فقاعات الكوانتم، تظل الغالبية العظمى من تلك الجزيئات الدقيقة أصغر من أن ترى بالميكروسكوب العادي، ولكن شظية دقيقة تتضخم وتنمو وتنجز أكوانا جديرة بالاحترام. إنها أكوان بعيدة جدا عنا ـ أبعد من الخمسة عشر بليون سنة ضوئية التي تعد المقياس التقليدي لكوننا ـ ومن ثم، فإذا ما كانت موجودة، فلا سبيل للنفاذ إليها أو

اكتشافها.

إن غالبية هذه الأكوان الأخرى تصل إلى الحد الأقصى من حجمها ثم تنهار، وتتكمش إلى مجرد نقطة، ثم تختفي إلى الأبد، ومنها ما يمكن أن يتذبذب، وهناك أكوان أخرى قد تتمدد دونما حدود، وفي مختلف الأكوان، سوف تكون هناك قوانين مختلفة للطبيعة، إننا نعيش، كما يطرح ليندي في مثل هذا الكون ـ حيث الظروف الطبيعية ملائمة للنمو، والتضخم، والتمدد، والمجرات، والنجوم، والعوالم، والحياة. إننا نتصور أن كوننا متفرد، ولكنه واحد من عدد ضخم ـ ربما لا نهائيـ من الأكوان الثابتة والمستقلة والمنعزلة بصورة متساوية، ولسوف توجد الحياة على بعض هذه الأكوان، ولا توجد على البعض الآخر، ومن خلال هذه الرؤية فإن الكون الذي نرصده ليس سوى موضع خلفي منعزل حيث التشكل لكون أضخم قديم لا تعرف له بداية، ولا يمكن ملاحظته على الإطلاق، وإذا ما صح ذلك، فإننا نحرم حتى من بقايا كبريائنا ـ البالية ـ بشأن عيشنا في عالم وحيد [8].

وربما، في يوم ما، على الرغم من الدليل السائد، سيجري تصميم وسيلة لإنعام النظر في العوالم المجاورة، والكشف عن قوانين الطبيعة المختلفة جدا، وسنرى عندئذ ماذا سيكون ممكنا أيضا. أو ربما يتمكن سكان العوالم المجاورة من إنعام النظر نحونا، وبطبيعة الحال، فإننا بمثل هذه التأملات نتجاوز، إلى حد بعيد، قيود المعرفة. ولكن إذا صح وجود شيء مثل الكون الذي تحدث عنه ليندي فعندئذ، ولدهشتنا، سنجد عمليات تمدن مدمرة أخرى ما تزال في انتظارنا.

إن قوانا أبعد ما تكون ملاءمة لخلق عوالم في أي وقت قريب، وأفكار المبدأ البشري القوي ليست قابلة للبرهنة (برغم أن كوزمولوجيا ليندى تمتلك بعض السمات والملامح التي يمكن اختبارها). وإذا نحينا الحياة خارج كوكب الأرض جانبا. سنجد أن المزاعم المنطوية على تهنئة الذات لمبدأ المركزية قد تراجعت الآن إلى الحصون المنيعة بالنسبة للتجربة ومن هنا، يبدو أن الفوز قد تحقق، بدرجة كبيرة على الأقل، في متتابعة المعارك العلمية ضد الشوفينية البشرية.

إن تلك الرؤية قديمة العهد، كما يلخصها الفيلسوف إيمانويل كانط، والتي تقول: «من دون الإنسان... فإن الخلق كله سيكون محض قفر، شيئا

دونما فائدة، وبلا هدف نهائي»، هي رؤية تكشف عن حماقة لا حد لأهوائها، ويبدو أن مبدأ الوسطية ينطبق على ظروفنا. فلم يكن في إمكاننا أن نعرف مسبقا أن الدليل سيكون غير متوافق، على هذا النحو من التكرار والشمول، مع الرأي القائل إن البشر يقفون على المسرح الرئيسي في الكون، ولكن غالبية النقاشات قد استقرت الآن على نحو حاسم لمصلحة موقف، مهما كان مؤلما، يمكن تلخيصه في جملة واحدة، ليست لنا القيادة في الدراما الكونية.

ربما كان هناك من يمتلك زمام القيادة غيرنا، وربما لا يمتلكها أحد على الإطلاق، وفي الحالتين لدينا أسباب جيدة كي نتحلى بالتواضع.

4 كون غير مصنوع من أجلنا

إن بحر الإيمان
كان ذات مرة، أيضا، ممتلئا،
ويحيط بشاطئ الأرض
مستلقيا كطيات من حزام
مضيء ملتف
ولكنني الآن، أستمع فقط
لزئيره الكئيب الطويل، المرتد
وهو يتراجع ضد نسمة ريح
الليل
نحو أطراف العالم الشاسعة
الموحشة
وألواحه العارية

ماثيو أرنولد «شاطئ دوفر»
(العام 1867م)

نقول: «ما أجمله من غروب»، أو «إنني أستيقظ قبل شروق الشمس»، وبغض النظر عما يدعيه العلماء فإننا عادة ما نتجاهل اكتشافاتهم في أحاديثنا اليومية، فنحن لا نتحدث عن الأرض التي تدور، وإنما عن الشمس التي تشرق وتغرب، حاول صياغة القول السابق بلغة كوبرنيكوس فهل ستقول: «بيلى، عد للمنزل عندما تكون الأرض قد دارت بما يكفي لاستتار الشمس أسفل الأفق المحلي»؟ إن بيلى سيتركك ويذهب قبل أن تنهي كلامك، فنحن لم نتمكن حتى من إيجاد تعبير لبق ينقل بدقة الاستبصار المتعلق بمركزية الشمس، إننا في المركز، وكل شيء آخر من حولنا موجود في لغاتنا. ونقوم بتدريسه للأطفال، إننا من أنصار مركزية الأرض. ونتمسك بها بعناد، متخفين وراء مظهر كوبرنيكوسي[1].

في العام 1633، أدانت الكنيسة الكاثوليكية الرومانية جاليليو لأنه كان يعلم تلاميذه أن الأرض تدور حول الشمس، ولنلق نظرة عن قرب على تلك المناظرة المشهورة.

يقارن جاليليو، في مقدمة كتابه، بين الفرضيتين ـ مركزية الأرض، ومركزية الشمس بالنسبة للكون

ـ ويكتب قائلا.

سوف يجرى اختبار الظواهر السماوية تدعيما لفرضية كوبر نيكوس حتى تنتصر هذه الفرضية بالكامل

ويعترف في موضع آخر من كتابه قائلا.

ولا أستطيع أبدا الإعجاب بما يكفي (بكوبرنيكوس وأتباعه): فلقد مارسوا العنف ضد حواسهم، من خلال قوة العقل المحضة. لتفضيل ما يقول لهم العقل عما توضحه لهم التجربة الحسية بجلاء...

وأعلنت الكنيسة، في اتهامها لجاليليو، ما يلي:

إن المذهب الداعي إلى أن الأرض ليست مركز الكون وأنها غير ثابتة بل تتحرك خلال دوران يومي، يعد مذهبا منافيا للعقل وزائفا، سواء من الوجهة السيكولوجية أو اللاهوتية: إنه، على أقل تقدير خلل في الإيمان.

وقد أجاب جاليليو.

إن إدانة مبدأ حركة الأرض وثبات الشمس تقوم على أساس ما يرد في كثير من المواضع بالكتاب المقدس حول حركة الشمس وثبات الأرض... ويقال، من الناحية الدينية، إن الكتاب المقدس لا يكذب أبدا، ولكن ما من أحد يمكن أن ينكر أن هذا الكتاب يتسم في كثير من الأحيان بالإبهام، ويصعب اكتشاف معانيه الحقيقية، وأعتقد أننا عند مناقشة مشكلات الطبيعة، لا ينبغي أن نبدأ بالكتاب المقدس وإنما بالتجارب والبراهين.

ولكن جاليليو عند اعترافه العلني بالارتداد عن أفكاره (في 22 يونيو 1633) كان مجبرا على أن يقول:

نظرا لأن محكمة التفتيش قد حثتني على التخلي كلية عن الرأي الزائف القائل بإن الشمس هي مركز الكون وإنها ثابتة وإن الأرض ليست مركز الكون وإنها متحركة.. فلقد أصبحت مشتبها بالهرطقة، أي أنني آمنت واعتقدت بأن الشمس هي مركز الكون وأنها ثابتة وأن الأرض ليست في مركز الكون وأنها متحركة... وإنني، بقلب مخلص وإيمان صادق، أعلن التخلي عن هذا الاعتقاد، بل وألعن وأبغض كل إثم أو هرطقة، وبشكل عام كل وأي إثم أو طائفة تتناقض مع الكنيسة الكاثوليكية المقدسة.

وقد أخذت الكنيسة على عاتقها حتى العام 1832 أن تزيل أعمال جاليليو من قائمة الكتب التي كان يحظر على الكاثوليك قراءتها، حتى لا يخاطرون

بتعريض أرواحهم الأبدية للعقاب الرهيب.

ومع العلم الحديث، كان القلق الأسقفي يمر بفترات مد وجزر منذ عصر جاليليو، وتمثلت ذروة المدّ في العصر الحديث في «منهاج الآثام» (Syllabus Errors) الذي قدمه، في العام 1864، بيوس التاسع، البابا الذي عقد أيضا اجتماعا لمجلس الفاتيكان للإعلان، للمرة الأولى، وبناء على إصراره، عن أن الكنيسة الكاثوليكية معصومة من الخطأ، ونقدم فيما يلي بعض المقتطفات من هذا الإعلان:

«إن دين الكنيسة الكاثوليكية هو الدين الصحيح الوحيد... ومن الضروري، حتى في العصر الراهن، التقيد بالدين الكاثوليكي كدين وحيد للدولة، واستبعاد جميع أشكال العبادة الأخرى... إن الحرية المدنية لكل نمط من أنماط العبادة، وإعطاء كامل السلطة لكل أولئك الذين يظهرون بوضوح وعلانية آراءهم وأفكارهم، تؤدي بسهولة أشد إلى إفساد أخلاق الناس وعقولهم، ولايمكن للبابا الروماني، ولا ينبغي، أن يتصالح هو ذاته أو يوافق على التقدم والليبرالية والمدنية الحديثة».

ومما يثير فخر الكنيسة، أنها تبرأت في العام 1992 من إدانتها لجاليليو، وإن كان ذلك قد جاء متأخرا وعلى مضض، وما تزال الكنيسة غير قادرة على رؤية دلالة معارضتها، وفي خطبة العام 1992م حاول البابا جون بول الثاني أن يدلل على ذلك قائلا:

«منذ بداية عصر التنوير، وحتي عصرنا الحالي، كانت قضية جاليليو نوعا من «الأسطورة» تم خلالها تلفيق الصورة من الأحداث بشكل يبعدها، إلى حد كبير، عن الحقيقة، وفي إطار هذا المنظور، كانت قضية جاليليو رمزا لرفض الكنيسة الكاثوليكية المعارض للتقدم العلمي أو رمزا للظلامية «الدوجمائية» التي تعارض البحث الحر عن الحقيقة»

ولكن محكمة التفتيش التي أدخلت جاليليو الكهل الواهن إلى زنازن أبراج الكنيسة، ليعاني تحت آلات التعذيب، لا تقر بذلك فحسب وإنما تحتاج بالضبط إلى تقديم تفسير كهذا. لم يكن الموقف مجرد حذر أو قيد علمي أو كرها للتحول عن نموذج حتى يتاح دليل دامغ مثل الاختلاف السنوي للمنظر، لقد كان خوفا من النقاش والجدال، إن الرقابة على الآراء البديلة والتهديد بتعذيب أنصارها يكشف عن نقص في الإيمان بالمذهب

ذاته وبالأبرشيين الذين يحظون بحماية ظاهرية، لماذا كان من الضروري تهديد جاليليو وتحديد إقامته؟ ألا يمكن للحقيقة أن تدافع عن نفسها عند مواجهتها مع الخطأ؟

ومع كل، فقد استمر البابا في خطبته قائلا:

«إن خطأ رجال اللاهوت في ذلك العصر، عندما أكدوا مركزية الأرض، كان يكمن في اعتقادهم أن فهمنا للبنية المادية للعالم يفرضها بشكل ما المعنى الحرفي للكتاب المقدس»

وهنا بالتأكيد يوجد تقدم كبير ـ على الرغم من أن أنصار المعتقدات الأصولية سيحزنون بسماعهم من البابا أن الكتاب المقدس غير صحيح حرفيا دائما ولكن إذا لم يكن الكتاب المقدس صحيحا حرفيا في كل مواضعه، فما هى المواضع الموصى بها من الله وما هي المواضع البشرية فحسب وغير المعصومة من الخطأ؟ وحالما نعترف بوجود أخطاء تتعلق بالكتاب المقدس (أو تنازلات بشأن الجهل الذي يشوب ذلك العصر) وكيف يمكن إذن أن يمثل الكتاب المقدس دليلا غير معصوم من الخطأ بالنسبة للأخلاقيات والتعاليم الأخلاقية؟ ربما يقبل الأفراد والطوائف الآن الأجزاء التي تعجبهم من الكتاب المقدس ويعتبرونها أجزاء أصلية، وينبذون الأجزاء غير الملائمة أو المرهقة؟ فتحريم القتل، مثلا يعد مسألة جوهرية بالنسبة للمجتمع، ولكن إذا كانت العقوبة الإلهية علي القتل غير محتملة، ألن يوجد المزيد من الناس الذين يفكرون في الإفلات منها والفرار من القصاص؟

لقد شعر الكثيرون أن كوبرنيكوس وجاليليو لم يكونا أهلا لخير النظام الاجتماعي، بل داعيين إلى تآكله، وبطبيعة الحال، فإن أي تحد، مهما كان مصدره للحقيقة الحرفية الواردة بالكتاب المقدس كان يمكن أن يواجه مثل هذه التبعات . إن بإمكاننا أن نرى بسهولة كيف بدأ العلم في جعل الناس خائفين، وبدلا من نقد أولئك الذين قاموا بتخليد الخرافات وتأبيدها، اتجهت مشاعر الضغينة نحو أولئك الذين رفضوا تصديقها.

لقد فهم أسلافنا أصول الأشياء من خلال التقدير الاستقرائي النابع من واقع خبراتهم الخاصة، فهل كان هناك أسلوب آخر؟ ومن ثم، فالعالم، بالنسبة لهم كان فقسا من بيضة كونية، أو كان مدركا كنتاج للقاء بين الإله الأم والإله الأب: أو كان نوعا من منتجات ورشة الخلق ـ ربما مانتج عن آخر

محاولة من بين محاولات معيبة عديدة، ولم يكن العالم أكبر كثيرا مما نراه، ولا أطول عمرا عما يرد بسجلاتنا الشفهية أو التحريرية، ولا يختلف أي مكان فيه عن الأماكن التي نعرفها.

لقد كنا، في علومنا الكونية، نميل إلى جعل الأشياء مألوفة، وحتى مع أفضل جهودنا لم نكن مبتكرين حقيقيين فالجنة، لدى بلدان الغرب، هادئة ورقيقة، أما الجحيم، فيماثل جوف البركان، لقد كان العالمان، في قصص عديدة، محكومين بمراتبيات السيادة على رأسها الآلهة أو الشياطين، كما تحدث الموحدون عن ملك الملوك، وفي كل ثقافة، كنا نتخيل شيئا يماثل نظامنا السياسي يدير الكون وقليلون هم من طرحوا الشك في مثل هذا التشابه.

ثم جاء العلم، وعرفنا أننا لسنا مقياسا لكل الأشياء، وأن هناك من العجائب ما لا يمكن تخيله، وأن الكون ليس مجبرا على التوافق مع ما نراه مريحا أو مقبولا. لقد تعلمنا شيئا حول الطبيعة الخاصة لحسنا العادي، ورفع العلم وعينا الذاتي لمستوى أعلى، وهذا بالتأكيد طقس من طقوس الانتقال، وخطوة نحو النضج: بل ويتناقض بالكامل مع طفولة ونرجسية أفكارنا في المرحلة السابقة على كوبرنيكوس.

ولكن لماذا نتوق بشدة إلى الاعتقاد بأن الكون كله مصنوع من أجلنا؟ لماذا تروق لنا الفكرة إلى هذا الحد؟ لماذا نحتضنها؟ هل تقديرنا لذواتنا لا يقوم على أساس وطيد، بحيث لا ننشد أقل من كون صُنع خصيصا لنا؟

إنها فكرة ترضي غرورنا بطبيعة الحال، «إن ما يرغب فيه الإنسان، يتخيل أيضا أنه حقيقي». هكذا قال ديموسثينس، ويعترف القديس توما الأكويني بابتهاج: «إن نور الإيمان يجعلنا نرى ما نعتقد فيه»، ولكنني أعتقد أنه قد يوجد شئ آخر، فهناك نوع من المركزية العرقية (ETHNOCENTRISM) بين الرئيسيات (*) ونحن ندين بالحب والولاء لأي جماعة صغيرة ولدنا في إطارها مهما كانت. أما أفراد الجماعات الأخرى، فأقل احتراما، ويستحقون الرفض والعداء، وإذا كانت الجماعتان من النوع نفسه، ويبدوان بالنسبة للمراقب الخارجي متماثلتين لا يمكن عمليا التمييز بينهما، فلا يخلق هذا

(*) أرقى رتب الثدييات وعلى رأسها الإنسان، وتضم القردة ومنها الشمبانزي والغوريللا والنسناس - المراجع.

أي خلاف، وذلك بالتأكيد هو النموذج القائم بين أعضاء جماعات الشمبانزي، أقرب أقربائنا في المملكة الحيوانية، ولقد قمت ومعي آن درويان بوصف كيف أدت هذه الطريقة، في النظر للعالم عبر ملايين عدة من السنين، إلى تكوين حس تطوري هائل في حين أصبحت تمثل خطورة الآن حتى أعضاء جماعات الصيد وجمع الثمار ـ بقدر ابتعادهم عن المنجزات التكنولوجية الفذة للحضارة الحالية لكوكبنا بوصفها احتمال قائم بالنسبة للبشر ـ كانوا يصفون زمرتهم الصغيرة أيا كانت بأنها شعب. أما أي فرد آخر فيعد مختلفا، بل وشيئا أقل من الإنسان.

وإذا كانت هذه هي طريقتنا الطبيعية في النظر إلى العالم، فلا يوجد إذن سبب للدهشة في أننا في كل مرة نطرح حكما ساذجا حول موقعنا في الكون ـ حكما بعيدا عن التجربة العلمية الحريصة القائمة على الشك ـ وغالبا ما نختار مركزية جماعتنا وظروفنا. وعلاوة على ذلك، فإننا نتوق إلى الاعتقاد في حقائق موضوعية وليس في تحيزاتنا لإيجاد منفذ يمكن إجازته.

ليس من قبيل الفكاهة إذن أن يكون لدينا مجموعة من العلماء يلقون علينا باستمرار الخطب قائلين «أنتم عاديون، وغير مهمين، ولا تستحقون ميزاتكم، وليس هناك شيء خاص بالنسبة لكم»، حتى من لا يثيره هذا القول، يتعاظم انزعاجه من هذه التعويذة، ومن أولئك الذين يصرون على التغني بها، وعلى ما يبدو فإن العلماء يشعرون بنوع غريب من الرضا من جراء الحط من قدر البشر. لماذا لا يقدرون على إيجاد وسيلة نصبح من خلالها متفوقين؟ ارفعوا معنوياتنا! ارفعوا من قدرنا! إن العلم، بتعويذته المثبطة للهمة، في مثل هذه النقاشات، يبدو باردا ونائيا، وهادئا ومنفصلا وغير مستجيب للاحتياجات البشرية.

ومرة أخرى، إذا كنا لا نتسم بأهمية، ولا نقع في مركز الكون، فما الذي تقتضيه منا القواعد الأخلاقية المرتكزة على اللاهوت؟ إن اكتشاف المغزى الحقيقي لوجودنا في الكون قد لاقى مقاومة ولفترة طويلة، لدرجة أن آثارا عديدة لهذا النقاش ما تزال باقية، في كثير من الأحيان، في دوافع أنصار مركزية الأرض فقد كتبت المجلة البريطانية «ذا سبكتيتور» (The Spectator) في العام 1892 تقول:

من المؤكد، بدرجة كافية، أن اكتشاف حركة الكواكب حول الشمس كمركز، والتي حولت كوكب الأرض إلى موقعه المناسب «غير المهم» في المنظومة الشمسية أدى إلى حد كبير إلى تقليص المبادئ الأخلاقية على نحو مماثل، ولكن بعيدا عن اعتبارها «غير مهمة» فتلك المبادئ الأخلاقية هي التي كانت الأجناس السائدة على كوكب الأرض حتى الآن تسترشد، بل وتتقيد بها. ويرجع جزء من هذا التأثير، دون شك، إلى أن الدليل أوضح أن العلم المادي الذي قدمه مختلف الكُتاب الملهمين كان غير صحيح بدلا من أن يكون معصوما من الخطأ- وهي إدانة أدت إلى اهتزاز غير صحيح للثقة بين الذين كانوا يشعرون بها، حتى في تعاليمهم الأخلاقية والدينية، ولكن قدرا كبيرا منه كان يغري فحسب حس الإنسان المحض بـ «عدم أهميته»، حيث اكتشف أنه يعيش في ركن مظلم من الكون بدلا من العالم المركزي الذي تدور حوله على السواء الشمس والقمر والنجوم، وما من شك في أن الإنسان قد يشعر بنفسه، وعادة ما يشعر بنفسه غالبا وبقدر كبير أيضا، أنه أقل أهمية من أن يمثل موضوعا لتوجيه أو رعاية إلهية خاصة، وإذا نظرنا لكوكب الأرض باعتباره نوعا من كثبان النمل، وإلى حياة الإنسان وموته كحياة وموت النمل، الذي يجري داخل الثقوب وخارجها بحثا عن الطعام وضوء الشمس فمن المؤكد تماما ألا توجد أهمية كافية تتلازم وواجبات الحياة البشرية كما أن الجبرية العميقة والبأس، وليس الأمل، سيلازمان الجهود البشرية...

وفي الوقت الحاضر، على أقل تقدير فإن آفاقنا رحبة بما يكفي... وحتى نعتاد على الآفاق اللانهائية التي نملكها بالفعل، لا أن نفقد توازننا كثيرا كما يحدث عادة عندما نتأملها، فإن الشوق والتطلع نحو آفاق أرحب ما يزال سابقا لأوانه.

ما الذي نبغيه بالفعل من الفلسفة والدين؟ التلطيف؟ العلاج؟ الراحه؟ هل ننشد قصصا خرافية تأكيدية أم فهما لظروفنا الفعلية؟ إن رعب عدم توافق الكون مع تفضيلاتنا يبدو طفوليا، ويمكن للمرء أن يتصور أن الكبار سوف يخجلون من وضع هذا الإحباط على الورق لطباعته. والطريقة العصرية لتحقيق ذلك لا تتمثل في إلقاء اللوم على الكون ـ فهي حماقة بالفعل ـ وإنما في إلقاء اللوم بالأحرى على الوسائل التي نعرف الكون من

خلالها: وتحديدا العلم.

إن جورج برناردشو، في مقدمة مسرحية «سان جوان» (St. Joan) وهو يصف الإحساس بالعلم ينقض على سذاجتنا، فارضا علينا نظرة غريبة إلى العالم، وهو يقدم اعتقادا مخيفا:

كان الناس في العصور الوسطى يعتقدون أن الأرض مسطحة، وبالنسبة لهذا الأمر، كان لديهم على الأقل الدليل المستمد من حواسهم. نحن نؤمن أن الأرض مستديرة، ليس لأن نسبة مئوية منا، تصل مثلا إلى ١٪ قادرة على تقديم سبب فيزيائي لمثل هذا الاعتقاد الغريب، ولكن لأن العلم الحديث أقنعنا بأن كل ما يبدو بديهيا ليس بالضرورة صحيحا، وكل ما يبدو ساحرا أو غير محتمل أو فريدا، أو ضخما أو ميكروسكوبيا أو قاسيا أو وحشيا، إنما هو علمي.

إن مثالا أكثر حداثة وتثقيفا يتمثل في كتاب «فهم الحاضر: العلم وروح الإنسان الحديث»، للصحفي البريطاني برايان أبليارد، ويوضح الكتاب ما يشعر به الكثيرون في جميع أنحاء العالم، ولكن من الحرج الشديد الإفصاح عن ذلك، إن صراحة أبليارد منعشة، فهو مؤمن عن حق، ولن يتركنا نستخف بالتناقضات بين العلم الحديث والدين التقليدي:

«إن العلم سلبنا ديننا»، هكذا يتباكى أبليارد، ترى، ما نوع الدين الذي يتوق إليه؟ إنه دين، حيث «الجنس البشري كان نقطة الارتكاز والقلب، وكان هدفا نهائيا للنظام برمته، لقد وضعنا حتما على الخريطة الكونية»... «كنا الهدف والنتيجة والمحور العقلاني الذي تدور حوله تلك المحارات الأثيرية العظيمة».

إنه يتوق إلى «كون الأرثوذكسية الكاثوليكية»، حيث «يبدو الكون كآلة مشيدة حول دراما الخلاص» ـ ويعني أبليارد بذلك أنه: على الرغم من الأوامر الواضحة، فإن امرأة ورجل نقضا هذه الأوامر والتهما التفاحة ذات يوم، إن موقف رفض الخضوع هذا قد حول العالم إلى وسيلة من أجل التكيف الفعال لأخلافهم البعيدين.

وفي المقابل، فإن العلم الحديث «يقدمنا كحادث عرضي. إن الكون هو سبب وجودنا ولسنا سبب وجوده. والإنسان الحديث، في نهاية المطاف، لا يمثل شيئا، وليس له دور في عملية الخلق». إن العلم «مزعج على المستوى

الروحي، ويحرق جميع الأسس والتقاليد القديمة، إنه لا يستطيع بالفعل التعايش مع أي شيء»... «إن العلم، بهدوء ودون وضوح يقنعنا بهجر ذواتنا، ذواتنا الحقيقية»، إنه يكشف «مشهد الطبيعة الصامت الغريب»... «لا يمكن للبشر التعايش مع هذا الكشف، ويتمثل الأثر الأخلاقي الباقي والوحيد في تلك الكذبة المعذبة». إن أي شيء، مهما كان، أفضل من التشبث بعبء صغرنا البالغ الذي يصعب احتماله.

وفي مقطوعته الحافلة باستعادة ذكريات بيوس التاسع، يشجب أبليارد، حتى، حقيقة أن «الديموقراطية الحديثة من المتوقع أن تشتمل على عدد من المعتقدات الدينية المتناقضة التي تضطر للموافقة على عدد معين محدود من الوصايا العامة لا أكثر».

ولكن، ما هو البديل؟ هل هو التظاهر بعناد باليقينية في عالم غير يقيني؟ هل هو تبني منظومة اعتقاد مريحة، بغض النظر عن مدى توافقها مع الحقائق؟ وإذا كنا لا نعرف ما هو الحقيقي، فكيف لنا إذن أن نتعامل مع الواقع؟ إننا لأسباب عملية لا نستطيع العيش كثيرا في أرض الأحلام، هل نمارس الرقابة على أديان بعضنا البعض، ونحرق مواقع عبادة بعضنا البعض؟ كيف لنا أن نتأكد من أن أيا من منظومات الاعتقاد البشرية تلك التي يبلغ عددها الآلاف، سيصبح متسامحا وكلّي الوجود، وإلزاميا؟

وتنم هذه الاقتباسات عن مدى توترنا وإخفاقنا أمام الكون ـ جلاله، وروعته، وأيضا لا مبالاته بصورة خاصة، ولأننا نمتلك موهبة خداع أنفسنا، فإن الذاتية، كما علمنا العلم، لا يمكن أن تسود دون قيد، وهذا أحد أسباب عدم ثقة أبليارد في العلم: فالعلم يبدو شديد العقلانية ومحددا بالقياس، ومجردا تماما، و نتائجه مستمدة من استجواب الطبيعة، وليست مصممة مسبقا، في جميع الحالات لتلبية رغباتنا ويستنكر أبليارد الوسطية، ويتوق إلى مذهب معصوم من الخطأ وإلى التحرر من إصدار الأحكام، وإلى التزام بمعتقد غير خاضع للاستجواب. إنه لم يستوعب الخطأ البشري ولا يدرك الحاجة إلى مؤسساتية تصحيح الخطأ، سواء في مؤسساتنا الاجتماعية أو في نظرتنا للعالم.

هذه هي الصرخة الأليمة للطفل عندما لا يأتي والديه، ولكن الناس يتشبثون، في نهاية المطاف، بالواقع، مع ألم غياب الوالدين الذين يضمنون عدم إصابة الصغار بالأذى ماداموا يفعلون ما يقال لهم، وفي النهاية يجد

غالبية الناس طريقا للتأقلم مع العالم ـ وخاصة عندما يحصلون على أدوات التفكير السليم.

«إن كل ما نقدمه لأطفالنا» في عصر العلم، يقول أبليارد متذمرا: «ليس سوى الاقتناع بعدم صحة أي شيء سواء بشكل نهائي أو على الدوام، بما في ذلك الثقافة التي نشأوا في ظلالها»، فما مدى صحة قوله بشأن عدم ملاءمة تراثنا، وهل يمكن إثراؤه بإضافة حقائق لا أساس لها؟ إنه يزدرى «الأمل الكاذب في أن العلم والدين عالمان مستقلان ويمكن فصلهما بسهولة». ويقول بديلا عن ذلك: «إن العلم، كما هو الآن، لا يتفق كلية مع الدين».

ولكن، ألا يقول أبليارد بالفعل إن بعض الأديان تجدالآن صعوبة في تقديم آراء لا تقبل المعارضة حول طبيعة العالم وتتسم بزيف واضح؟ إننا ندرك أن القادة الدينيين الموقرين نتاج عصرهم، مثلما نحن نتاج عصرنا، يمكن أن يقترفوا الأخطاء، فالأديان تناقض بعضها البعض ـ في بعض المسائل الصغيرة مثل: ما إذا كان ينبغي وضع غطاء للرأس عند دخول دور العبادة أو ما إذا كان بإمكاننا أكل لحم البقر أو تجنب أكل لحم الخنزير أو العكس: هذا بالإضافة للقضايا المركزية، مثل مسألة البحث في الذات الإلهية وغيرها من القضايا.

لقد وضع العلم كثيرين منا في تلك الحالة التي وجد ناثانييل هاوثورني فيها هيرمان ميلفيل: «إنه لا يستطيع أن يؤمن ولا أن يجد الراحة في عدم إيمانه»، أو كما قال جان جاك روسو: «إنهم لم يقنعوني، وإنما أصابوني بحالة من الاضطراب، لقد هزتني حججهم دون أن تقنعني أبدا... ويصعب أن يمنع الإنسان نفسه من الإيمان فيما يرغب فيه بشدة»، وبما أن نظم المعتقدات التي نتعلمها عن طريق السلطات المدنية والدينية تتعرض لتقويض أسسها فإن احترام ما نتعلمه بشكل العام قد يتناقص. والدرس واضح: يجب أن يحذر القادة السياسيون من اعتناق مذهب زائف وهذا ليس فشلا للعلم وإنما إحدى فضائله.

إن إجماع النظرة إلى العالم يبعث بطبيعة الحال، شعورا بالراحة، بينما تخلق الصراعات في الرأي إحساسا بعدم الاستقرار، ولكن ما لم نصر، في مواجهة كل دليل، على وصف أسلافنا بالكمال، فإن تقدم المعارف ورقيها يتطلب منها فك خيوط هذا الإجماع الذي أسسوه ثم رتقه من جديد.

وفي بعض الجوانب تغلب العلم على الدين في مجال الترويع، هل نظر أي دين من الأديان الأساسية إلى العلم وتوصل إلى نتيجة مفادها أن «هذا أفضل مما كنا نعتقد. إن الكون أكبر بكثير مما قال أنبياؤنا، بل وأضخم وأكثر براعة ورونقا، ولابد أن الله أعظم حتى مما تخيلنا»! إن الدين، قديما كان أم جديدا، هو الذي يؤكد روعة الكون، كما كشف عنها العلم الحديث، ويقدر على اكتساب التبجيل والخشية التي تحصل عليها بصعوبة المعتقدات الدينية، ولسوف يبرز هذا الدين عاجلا أم آجلا.

لو أنك عشت منذ ألفين أو ثلاثة آلاف سنة، لم تكن ستخجل من الاعتقاد بأن الكون مصنوع من أجلنا، لقد كانت فرضية شديدة الإغراء، تتسق مع كل ما عرفناه، بل وكانت ما يعرفه غالبية المتعلمين - دونما أي مؤهلات، ولكننا منذ ذلك الحين، اكتشفنا العديد من الأمور، ومن هنا، فإن الدفاع عن هذا الموقف اليوم يمثل تجاهلا متعنتا للدليل، وهروبا من معرفة الذات.

ومع ذلك، فما تزال رغبات التخلص من ضيق الفكر تعتمل في صدور الكثيرين منا، وحتى إن لم تكن تستحوذ على اليوم كله، فإنها تضعف الثقة بالنفس - على خلاف اليقين السعيد المبتهج للمركزية البشرية، التي تموج بالمنفعة الاجتماعية للعصر الأكثر تبكيرا، إننا نتوق إلى الوجود هنا لغرض ما، وحتى على الرغم من خداع النفس. فلا شيء يبدو واضحا. «إن سخف الحياة، الذي لا معنى له»، كتب ليو تولستوي قائلا: «هو المعرفة الوحيدة المتاحة للإنسان التي لا تقبل الجدل»، إن عصرنا مثقل بالأعباء في ظل تراكم عمليات افتضاح الزيف المتعاقبة لأفكارنا: إننا وافدون جدد، ونعيش في الأرياف الكونية، لقد نشأنا من الميكروبات والوحل. القردة أعمامنا، وأفكارنا ومشاعرنا ليست تحت سيطرتنا بالكامل، وقد توجد كائنات أذكى منا في أماكن أخرى، وتختلف عنا تماما، وعلى رأس ذلك كله، فإننا نحيل كوكبنا إلى حالة من الفوضى، ونصبح مصدر خطر على أنفسنا.

إن الباب المسحور يتأرجح منفتحا تحت أقدامنا، ونجد أنفسنا في هاوية بلا قرار إننا مفقودون في ظلام عظيم، وما من أحد يأتي لإنقاذنا. وفي ظل هذا الواقع القاسي، أغرينا بالطبع بأن نغلق عيوننا، ونتظاهر بأننا في أمان وننعم بدفء البيت، وأن هذا السقوط لم يكن سوى

حلم سيئ.

إننا نفتقد إجماع الرأي حول موقعنا في الكون. ولا توجد رؤية بعيدة المدى، متفق عليها بشكل العام، حول هدف نوعنا ـ ربما بخلاف مجرد البقاء، وعندما تكون الأوقات عصيبة، على الأخص، نتوق إلى التشجيع، ونصبح غير مستعدين لمعرفة الاستنزالات الكبيرة للمكانة أو الآمال المحبطة، بل ونصبح أكثر رغبة في الاستماع إلى أننا شيء خاص، حتى وإن كان الدليل ضئيلا، وإذا ما تطلب الأمر أسطورة صغيرة وطقوسا لاجتياز ليل يبدو بلا نهاية، فمن من بيننا لن يتعاطف أو يدرك؟

أما إذا كان هدفنا هو المعرفة العميقة وليس إعادة توكيد ضحلة فإن مكاسب هذا المنظور الجديد تفوق خسائره، وما إن نتغلب على خوفنا بشأن ضآلتنا حتى نجد أنفسنا على مشارف كون فسيح يوقع في النفس رهبة، ويصغر بكل معنى الكلمة ـ من حيث الزمان والمكان والإمكانات ـ مسرح المركزية البشرية الضخم لأسلافنا، إننا نحدق عبر بلايين السنين الضوئية في الفضاء لنرى الكون بعد فترة وجيزة من الانفجار الكبير، ونفحص بدقة البنية الدقيقة للمادة، إننا ننعم النظر لأسفل، إلى قلب كوكبنا والجوف الملتهب لنجمنا، ونقرأ اللغة الوراثية المدون بها مختلف مهارات وميول كل كائن على كوكب الأرض، إننا نكشف الغطاء عن جميع الفصول الخفية في سجل أصولنا، وندرك بصورة أفضل، مع بعض الحزن، طبيعتنا وإمكاناتنا، ونخترع الزراعة ونطورها، من دونها سيموت معظمنا تقريبا حتى الموت إننا نبتكر الأدوية والتحصينات واللقاحات التي تنقذ حيوات البلايين. إننا نتصل ببعضنا البعض بسرعة الضوء، وندور حول الأرض في ساعة ونصف. وأرسلنا عشرات السفن إلى ما يزيد على سبعين عالما، وأربع سفن فضائية إلى النجوم، ولنا كل الحق في التمتع بمنجزاتنا، وفي أن نفخر بأن نوعنا أصبح قادرا على أن ينظر بعيدا جدا، وعلى أن يحكم على جدارتنا، جزئيا من خلال العلم نفسه الذي أفضى إلى تقليص غرورنا.

بالنسبة لأسلافنا كانت الطبيعة تشتمل على مخاوف كثيرة: البرق، العواصف، الزلازل، البراكين، الطاعون، الجفاف، الشتاءات الطويلة. ولقد برزت الأديان جزئيا كمحاولات للاسترضاء والسيطرة، إن لم يكن بدرجة كبيرة لفهم الجانب المضطرب من الطبيعة،ولقد أتاحت لنا الثورة العلمية

أن نلقي نظرة خاطفة على كون منظم مفهوم ضمنا، يوجد به تناغم موضوعي للعوالم (بتعبير يوهانز كبلر). وإذا فهمنا الطبيعة فإن هناك آفاقا للسيطرة عليها، أو على الأقل لتجنب أضرارها، وبهذا المعنى فإن العلم ولد الأمل.

إن أغلب النقاشات الكبرى المتعلقة بالتخلص من ضيق الأفق قد خيضت دونما تفكير في تضميناتها العملية. وقد رغب البشر، الذين يتحلون بالانفعال والفضول، في فهم ظروفهم الفعلية، ومدى تفردهم أو ابتذالهم، ومدى تفرد عالمهم أو ابتذاله، وماهي أصولهم ومصائرهم، بل وكيف يعمل الكون. ومما يثير الدهشة، أن بعض هذه النقاشات أسفرت عن فوائد عملية عميقة، إن منهج التفكير الرياضي ذاته، الذي استعان به إسحاق نيوتن لتفسير حركة الكواكب حول الشمس هو الذي أفضى إلى غالبية تكنولوجيا عالمنا الحديث. والثورة الصناعية، مع كل نواقصها ما تزال تمثل النموذج العالمي لكيفية نشوء أمة زراعية من الفقر. إن لهذه النقاشات نتائج واقعية.

وربما كان الأمر على نحو مغاير، وربما كان التوازن متحققا في مكان آخر، وأن البشر على العموم غير راغبين في معرفة شيء عن كون مثير للقلق، وأننا غير راغبين في السماح بتحديات الحكمة السائدة، وعلى الرغم من المقاومة العنيدة في كل عصر، فمن دواعي فخرنا أننا سمحنا لأنفسنا باتباع الدليل، وبأن نتوصل إلى النتائج التي قد تبدو مروعة للوهلة الأولى: كون أضخم وأعرق بكثير مما تصورنا بحيث تتضاءل إلى جواره وتتواضع خبراتنا الشخصية والتاريخية: كون تولد فيه شموس كل يوم، وتفنى عوالم، كون تتشبث فيه الإنسانية، حديثة الوجود بكتلة غامضة من المادة.

كم كان مرضيا إلى أقصى حد أن نوضع في حديقة مصنوعة خصيصا من أجلنا ويكرس سكانها الآخرون أنفسهم كي نستخدمهم كما يتراءى لنا، وهناك قصة مشهورة في التقاليد الغربية تماثل هذه القصة، باستثناء أن كل شيء فيها لم يكن مصنوعا بالكامل من أجلنا، كانت فيها شجرة معينة غير مسموح لنا بالتهام ثمارها، شجرة معرفة، فالمعرفة والفهم والحكمة كانت من الممنوعات علينا في هذه القصة، وكان ينبغي أن نبقى جهلاء، ولكننا لم نستطع مساعدة أنفسنا، كنا جوعى للمعرفة ـ خلقنا جوعى، كما يمكن القول، وهذا هو أصل مشاكلنا، بل هو السبب، بوجه خاص في أننا لم نعد نعيش في هذه الحديقة، لقد اكتشفنا الكثير، ومادمنا غير فضوليين

ومطيعين، كما أتصور، فقد كنا قادرين على مواساة أنفسنا بأهميتنا ومركزيتنا، قادرين على أن نقول لأنفسا إننا السبب في صنع الكون، وما إن بدأنا في إشباع فضولنا في الاستكشاف ومعرفة حقيقة الكون، حتى طردنا من جنة عدن. إن الملائكة بسيوفهم المتوهجة كانوا يقفون حراسا على أبواب الجنة لمنع عودتنا. لقد أصبح البستانيون منفيين ومتجولين، وأحيانا نندب هذا العالم المفقود، ولكن المسألة، تبدو لي، حمقاء وعاطفية فلم يكن ممكنا أبدا أن نظل ننعم بالجهل إلى الأبد.

يوجد في هذا الكون كثير مما يبدو أنه مصمم ، وفي كل مرة نلقاه، نتنهد بارتياح، إننا نأمل دائما أن نجد أو نستنتج على الأقل بأمان، المصمم. ولكننا بالأحرى نكتشف على الدوام أن العمليات الطبيعية ـ الانتخاب التصادمي للعوالم، مثلا، أو الانتخاب الطبيعي للمستودعات الجينية، أو حتى نموذج الحمل الحرارى في ماء يغلي داخل وعاء ـ يمكن أن تستخرج النظام من الفوضى، وتخدعنا في استنتاج هدف حيثما لا يوجد شيء، وفي الحياة اليومية، عادة ما نشعر ـ في غرف نوم المراهقين، أو في السياسات القومية ـ أن الفوضى طبيعية وأن النظام مفروض من أعلى، وبينما يوجد في الكون تناسقات أعمق مما يوجد في الأحوال البسيطة التي نصفها عادة بأنها خاضعة لنظام، فإن كل هذا النظام، البسيط منه والمركب، يبدو مستمدا من قوانين الطبيعة التي ترسخت بسبب الانفجار الكبير (أوقبله)، وأنه ليس نتيجة تدخل متأخر لمعبود ناقص، وهناك قول مأثور ذائع الصيت للعالم الألماني آبي واربرج: «الله موجود في التفاصيل»، ولكن تفاصيل الحياة والكون، وسط هذه الدقة والروعة، تبدي أيضا ـ في نظر البعض ـ أنساقا اعتباطية منشأة على عجل وتخطيطا فقيرا، فماذا سنفعل إزاء ذلك. الصرح الضخم الذي هجره مهندسه منذ أنشأه؟

دلالة حياتنا وكوكبنا الهش تتحدد، بالتالي، فحسب من خلال حكمتنا وشجاعتنا. فنحن القيِّمون على معنى الحياة. إننا نتوق إلى أب يرعانا، يسامحنا على أخطائنا، ينقذنا من هفواتنا الطفولية، ولكن العلم مفضل على الجهل، و احتضان الحقيقة القاسية أفضل كثيرا من خرافة لإعادة التوكيد.

وإذا ما كنا نتوق إلى غاية كونية ما فلنعتبر أنفسنا هدفا جديرا بذلك.

5 هل توجد حياة ذكية على كوكب الأرض؟

كانت رحلتهم طويلة لكنهم لم يعثروا على شيء، وأخيرا تبينوا
ضوءا واهنا، كان كوكب الأرض...(ولكن) لم يتمكنوا من
إيجاد أقل سبب، للشك في أننا ورفاقنا مواطني الكرة الأرضية لنا شرف الوجود.

ڤولتير، ميكروميجاس تاريخ فلسفي (العام 1752م)

هناك بقاع، في مدننا الكبرى وحولها، اختفى فيها تقريبا العالم الطبيعي، ويمكنك أن تميز الطرقات، وأرصفة المشاة، والسيارات، ومواقف السيارات ولوحات الإعلانات، والنصب التذكارية المصنوعة من الزجاج أو الصلب، ولكنك لن تجد شجرة أو نصل عشب أو أي حيوان - إضافة إلى البشر، بطبيعة الحال، فهناك الكثير من البشر، وفقط عندما توجه بصرك لأعلى من خلال أجناب ناطحة سحاب يمكنك أن تميز نجما أو رقعة زرقاء - يذكرانا بما كان قائما قبل أن يأتي الإنسان للوجود بفترة طويلة، ولكن أضواء المدن الكبرى الساطعة تضفي على أضواء النجوم، بل وحتى تلك الرقعة الزرقاء تختفي أحيانا ويشوبها اللون البني نتيجة للتكنولوجيا الصناعية.

وعند الذهاب إلى العمل كل يوم في مثل هذا المكان يكون من الصعب ألا يؤثر فينا ونتساءل بإعجاب كيف حولنا الكرة الأرضية لما فيه فائدتنا وراحتنا؟! ولكن لا وجود للبشر على مدى أميال عدة لأعلى أو لأسفل، وباستثناء غشاء رقيق من

الحياة على سطح كوكب الأرض، وسفينة فضاء جسورة في بعض الأحيان، وبعض الأشعة الساكنة، فإن تأثيرنا في الكون لاشيء، كما أن الكون لا يعرف عنا أي شيء.

تصور أنك مستكشف أجنبي تدخل إلى المنظومة الشمسية بعد رحلة طويلة عبر ظلمة الفضاء الواقع بين النجوم، و تصور أنك تدرس كواكب هذا النجم الرتيب من بعد ـ إنها مجموعة كواكب جميلة، بعضها رمادي اللون والبعض الآخر أزرق ، بعضها أحمر اللون والبعض الآخر أصفر، وتصور أنك مهتم بمعرفة أنواع هذه العوالم، وبما إذا كانت بيئاتها ساكنة أم متغيرة، وبما إذا كانت تشتمل، بوجه خاص، على حياة وكائنات ذكية، فأنت لم تكن لديك أي معرفة مسبقة عن كوكب الأرض، وقد اكتشفت لتوك وجوده.

وللمجرات أخلاقيات ولنطلق لخيالنا العنان: انظر ولكن لا تلمس. بإمكانك الطيران عبر هذه العوالم، والدوران حولها، ولكن الهبوط عليها محظور تماما، فهل بإمكانك، في ظل هذه القيود، اكتشاف بيئة كوكب الأرض، وما إذا كان هناك من يعيش عليه؟

ومع اقترابك يتكون لديك أول انطباع عن كوكب الأرض ككل: سحب بيضاء، قمم قطبية بيضاء، قارات بنية اللون، ومادة تميل إلى اللون الأزرق تغطي ما يقرب من ثلثي السطح، وعند قياس درجة حرارة هذا العالم عن طريق الأشعة تحت الحمراء التي يبعثها ستجد أن معظم المناطق درجتها أعلى من نقطة تجمد الماء، في حين أن درجة حرارة القمم القطبية أقل من نقطة تجمد الماء، وستجد أن الماء مادة شديدة الوفرة في هذا العالم، ومن هنا، فإن تشكل القمم القطبية من ماء صلب قد يعد تخمينا معقولا، كما تتشكل السحب أيضا من الماء الصلب والسائل.

ويمكن أن تستهويك أيضا فكرة أن المادة الزرقاء ليست سوى كميات هائلة ـ تصل إلى كيلومترات عدة في العمق، من الماء السائل، والفكرة غريبة، على الأقل بقدر ما يتعلق الأمر بهذه المنظومة الشمسية... لأن المحيطات السطحية من الماء السائل غير موجودة في أي مكان آخر، وعندما نفحص الطيف المرئي وطيف الأشعة تحت الحمراء القريبة للإشارات الدالة على التركيب الكيميائي، فستكتشف بالتأكيد وجود الجليد المائي عند القمم

القطبية، وبخار ماء في الهواء بمقدار يكفي لتفسير وجود السحب، وهذا المقدار هو الكمية المناسبة بالتحديد التي يجب أن توجد بسبب التبخر إذا ما كانت المحيطات تتكون بالفعل من الماء السائل، وهكذا تتأكد الفرضية الغريبة.

وتكشف أجهزة السبكترومتر (أجهزة قياس الطيف) علاوة على ذلك، أن خمس الهواء على هذا العالم يتكون من غاز الأكسچين. ولا يوجد أي كوكب آخر من كواكب هذه المنظومة الشمسية لديه أي قدر قريب من هذه الكمية الكبيرة من الأكسچين، فمن أين تأتي هذه الكمية كلها؟ إن ضوء الأشعة فوق البنفسجية القادم من الشمس يكسّر جزيء الماء H20، إلى أكسچين وهيدرچين - والهيدروچين هو الغاز الأخف وسرعان ما يهرب نحو الفضاء، بالتأكيد هذا هو مصدر الأكسچين، ولكنه لا يمكن أن يفسر بسهولة وجود كل هذه الكمية الكبيرة منه.

وهناك إمكانات أخرى تتمثل في أن الضوء المرئي العادي، الذي تصبه الشمس بكميات هائلة، يجري استخدامه على كوكب الأرض لتكسير جزئيات الماء - ولكن، لا توجد أي طريقة معروفة للقيام بذلك دون وجود حياة، لابد إذن أن توجد نباتات - وهي أشكال للحياة ملونة بمادة صبغية (Pigment) تمتص الضوء المرئي بقوة و تعرف النباتات كيف تشق جزيء الماء عن طريق تخزين طاقة اثنين من فوتونات الضوء، وهي العملية التي تبقي على الهيدروچين وتخرج الأكسچين، كما تستخدم الهيدروچين، الذي تم إطلاقه، للقيام بعملية تركيب للجزئيات العضوية؛ والنباتات قطعا منتشرة في أنحاء كثيرة من الكوكب، وتثير هذه الأمور تساؤلات عدة. وإذا كنت من العلماء الذين يتبنون المذهب الشكوكي، فإن وفرة الأكسچين لن تمثل بالنسبة لك دليلا على وجود الحياة، وإنما ستُعد سببا للشك.

ومع كل كمية الأكسچين هذه، لن تندهش لاكتشاف الأوزون (O3) في الغلاف الجوي لأن ضوء الأشعة فوق البنفسجية يصنع الأوزون من الأكسچين الجزئي (O2) وبعدئذ يمتص الأوزون الأشعة فوق البنفسجية الخطرة، وهكذا، إذا كان الأكسچين ناشئا عن الحياة، فثمة إحساس غريب بأن الحياة تحمي نفسها عن طريقه، ولكن هذه الحياة قد تكون مجرد نباتات تقوم بعملية البناء الضوئي، ولا تضمن مستوى عال من الذكاء.

وعندما تفحص القارات من موقع أكثر اقترابا، ستجد، إذا ما تحدثنا بفجاجة، نوعين من المناطق، توضح إحداها جميع الصخور والمعادن العادية، كما توجد في كثير من العوالم، وتكشف الأخرى عن شيء غير عادي: مادة تغطي مساحات شاسعة وتمتص الضوء الأحمر بقوة (تضيء الشمس، بطبيعة الحال، بضوء جميع الألوان، وعلى رأسها الأصفر) قد تكون هذه المادة الصبغية هي المطلوب، إذا كان الضوء المرئي العادي يستخدم لتكسير جزئيات الماء وتسبب في وجود الأكسچين في الهواء، إنها لمحة أخرى، أقوى قليلا هذه المرة، عن وجود الحياة - فلا توجد مجرد حشرة هنا أو هناك، وإنما سطح كوكبي يتدفق بالحياة وهذه المادة الصبغية هي في الواقع الكلوروفيل: إنه يمتص الضوء الأزرق والضوء الأحمر أيضا وهو المسؤول عن اخضرار النباتات وعليه فما تراه هو كوكب مكسو بالنباتات.

وهكذا أوحى كوكب الأرض بأن له ثلاث خصائص متفردة، على الأقل في هذه المنظومة الشمسية، وهي: المحيطات، والأكسچين، والحياة. ومن الصعب ألا يعتقد في ارتباطها فالمحيطات هي مواقع الأصل، والأكسچين هو ناتج الحياة المتوافرة.

وإذا تفحصت بعناية طيف الأشعة تحت الحمراء للكرة الأرضية فإنك ستكشف عن المكونات الصغيرة للهواء، فبالإضافة إلى بخار الماء، هناك ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4)، وغيرهما من الغازات التي تمتص الحرارة التي يحاول كوكب الأرض إشعاعها بعيدا عنه نحو الفضاء في فترة الليل، وتعمل هذه الغازات على تدفئة الكوكب: ومن دونها ستصبح درجة حرارة كل موقع على كوكب الأرض تحت نقطة تجمد الماء، لقد اكتشفت تأثير البيت الزجاجي (مفعول الدفيئة) في هذا العالم.

إن وجود غازي الميثان والأكسچين معا في الغلاف الجوي نفسه يعد أمرا فريدا، وقوانين الكيمياء شديدة الوضوح: عند زيادة الأكسچين ينبغي أن يتحول الميثان بالكامل إلى ماء (H_2O) وثاني أكسيد كربون (CO_2). والعملية تتسم بكفاءة عالية، بحيث لن يوجد أي جزيء منفرد من الميثان في الغلاف الجوي لكوكب الأرض، وفي المقابل ستجد الميثان في واحد من كل مليون جزيء: وهو تناقض مذهل، ترى، ماذا يعني؟

التفسير الوحيد الممكن هو أن الميثان يحقن داخل الغلاف الجوي لكوكب

الأرض بسرعة لا يمكن أن تجاري تفاعله مع الأكسجين، من أين يأتي كل هذا الميثان؟ ربما يتسرب من جوف كوكب الأرض العميق ـ ولكن هذا القول لا يصح من الناحية الكمية، فكوكبا المريخ والزهرة لا يمتلكان مثل هذه الكمية من الميثان، والبدائل الوحيدة المطروحة هي البدائل البيولوجية، وهو استنتاج لا يقدم فروضا حول كيمياء الحياة، أو كيف تبدو، وإنما ينبع فحسب من كيفية وجود الميثان، ذلك الغاز غير المستقر، في غلاف جوى أكسچيني، إن الميثان يأتي، في واقع الأمر، من مصادر مثل بكتيريا المستنقعات، وزراعة الأرز، وحرق الخضرة ويأتي الغاز الطبيعي من آبار النفط، وغازات بطون الثيران، إن وجود الميثان في الغلاف الجوي الأكسچيني يعد علامة علي وجود الحياة.

إن الاعتقاد بأن الأنشطة المعوية الأساسية للبقر ينبغي أن تكتشف من الفضاء الواقع بين الكواكب يعد مبلبلا إلى حد ما ، وخاصة عندما يكون الكثير جدا مما نعتقد أنه عزيز ليس كذلك ، ولكن عالما غريبا عنا يطير على مقربة من كوكب الأرض قد لا يقدر من هذا الموقع على استنتاج وجود مستنقعات أو أرز أو نار، أو نفط أو بقر أو إنه يستنتج فقط وجود حياة.

إن جميع العلامات على وجود حياة والتي ناقشناها الآن هي نتاج لأشكال بسيطة نسبيا (الميثان في معدة البقر يتم توليده عن طريق بكتريا متوطنة فيها).

وإذا حلقت سفينتك الفضائية على مقربة من الأرض منذ مائة مليون سنة، في عصر الديناصورات، عندما لم يكن هناك بشر أو تكنولوجيا كنت ستجد عندئذ أيضا الأكسجين والأوزون وصبغ الكلوروفيل وكمية وفيرة من الميثان، أما في العصر الراهن، فإن أدواتك لن تجد، فحسب، علامات على وجود الحياة، وإنما ستجد علامات على وجود تكنولوجيا عالية أيضا ـ شيء لم يكن بالإمكان اكتشافه حتى منذ مائة سنة.

إنك تكتشف نوعا خاصا من موجات الراديو المنبعثة من الأرض وموجات الراديو لا تدل بالضرورة على الحياة والذكاء فكثير من العمليات الطبيعية تولدها، ولقد وجدت بالفعل انبعاثات راديو من عوالم أخرى غير مأهولة ـ تم توليدها عن طريق الإلكترونات التي أعاقتها المجالات المغناطيسية القوية للكواكب، وعن طريق الحركات الهيولية عند جبهة التصادم التي

تفصل هذه المجالات المغناطيسية عن المجال المغناطيسي الواقع بين الكواكب، وكذلك عن طريق البرق. (إن «مصادر إطلاق» صفارات الراديو عادة ما تنجرف من نغمة مرتفعة إلى أخرى منخفضة، ثم تبدأ مرة أخرى) وبعض انبعاثات الراديو هذه يظل مستمرا، وبعض آخر يأتي في صورة تفجرات متكررة والبعض الأخير يأتي لدقائق قليلة ثم يختفي ولكن الأمر يختلف هنا: إن جزءا من إرسال الراديو من كوكب الأرض هو بالضبط الترددات أينما تبدأ موجات الراديو في التسرب خار ج المجال الأيوني (الأيونوسفير) للكوكب أي المنطقة المشحونة كهربيا فوق طبقة الستراتوسفير التي تعكس وتمتص موجات الراديو.

وهناك تردد مركزي لكل إرسال تضاف إليه إشارة معدّلة (متتالية مركبة من عمليات الفتح والإغلاق) ولا توجد إلكترونات بالمجالات المغناطيسية، أو موجات تصادم أو عمليات تفريغ للشحن بالبرق يمكن أن تولد شيئا من هذا النوع. ويبدو أن وجود حياة ذكية هو التفسير الوحيد الممكن، إن استنتاجك بأن إرسال الراديو يعزى إلى التكنولوجيا الموجودة بكوكب الأرض يظل صحيحا بغض النظر عما تعنيه عمليات الفتح والإغلاق: فليس على المرء أن يحل شيفرة الرسالة حتي يتأكد أنها رسالة (إن الإشارة حقيقية، ولنفترض أنها اتصال من بحرية الولايات المتحدة بغواصاتها البعيدة ذات التسليح النووي).

وهكذا فإنك كمستكشف خارجي ستعرف أن هناك على الأقل نوعا واحدا على كوكب الأرض قد حقق تكنولوجيا الراديو لكن أي نوع هو؟ هل هي الكائنات التي تصنع الميثان؟ هل هي الكائنات التي تولدالأكسجين؟ هل هي الكائنات التي تلوّن السطح باللون الأخضر؟ أم شخص ما آخر؟ شخص أبرع، شخص لا تخطئه سفينة الفضاء الهابطة! وللبحث عن هذا النوع التكنولوجي قد ترغب في اختبار كوكب الأرض بثبات أشد ـ إن لم يكن بحثا عن الكائنات ذاتها فقد يكون بحثا عن منتجاتها على الأقل.

إنك تنظر بداية من خلال تلسكوب متواضع، ومن ثم فأدق تفصيل تستطيع أن تحلّله سوف لا يمتد إلى أكثر من كيلومتر أو كيلومترين، إنك غير قادرعلى تبين أي معمار بارز. ولا أي تشكيلات غريبة، ولا أي إصلاحات أو تعديلات غير طبيعية في المنظر الطبيعي ولا أي إشارة للحياة. إنك ترى

غلافا جويا كثيفا في حالة حركة. إن الماء الوفير يجب أن يتبخر وبعدئذ تعيده الأمطار لأسفل. كما أن فوهات التصادم القديمة الواضحة على القمر القريب من كوكب الأرض غائبة بالكامل تقريبا. إذن، هناك بالضرورة مجموعة من العمليات التي خلقت بمقتضاها أرض جديدة ثم تآكلت في زمن أقل بكثير جدا عن عمر هذا العالم، الماء الجاري كان متضمنا، وإذا ما نظرت بمزيد من التحديد فإنك ستجد سلاسل جبلية ووديانا وأنهارا وغيرها من الإشارات الأخرى الكثيرة الدالة على نشاط الكوكب جيولوجيا وهناك أيضا أماكن غريبة محاطة بالحياة النباتية ولكنها هي ذاتها مجردة من النباتات. إنها تبدو مثل البقع غير الملونة على السطح.

عندما تفحص كوكب الأرض بدرجة وضوح للصورة، تظهر تفصيلات ما تمتد إلى أكثر من 100 متر، فإن كل شيء يتغير، وستكتشف أن الكوكب مغطى بخطوط مستقيمة ومربعات ومستطيلات ودوائر ـ تحتشد أحيانا على طول ضفاف الأنهار أو تستقر على المنحدرات السفلية للجبال، وأحيانا تمتد عبر السهول، ولكن نادرا ما تجدها في الصحارى أو أعالي الجبال، كما أنها لا توجد على الإطلاق في المحيطات. إن انتظامها وتعقدها وتوزيعها يصعب تفسيره إلا في وجود الحياة والكائنات الذكية على الرغم من الحيرة التي تكتنف الفهم الأعمق لوظيفتها أو الغرض منها، ربما تصل إلى نتيجة مفادها أن أشكال الحياة المهيمنة لديها ولع بالإقليمية والهندسة الإقليدية في آن واحد وعند درجة وضوح الصورة هذه لن تتمكن من رؤية أشكال الحياة وتغدو معرفتك بها محدودة للغاية.

إن كثيرا من تلك البقع التي لا تشتمل على حياة نباتية تبين أن لها هندسة رقعة الداما هذه، إذن، مدن الكوكب. وعلى أجزاء كبيرة من السطح وليس فقط من المدن توجد كمية غزيرة من الخطوط المستقيمة والمربعات والمستطيلات والدوائر كما تبين أن تلك البقع القاتمة للمدن ذات هندسة عالية مع وجود مساحات قليلة فسحب، من الحياة النباتية تركت دون مساس ـ وإن كانت هي الأخرى، ذات حدود شديدة الانتظام ـ وأحيانا ما توجد مثلثات، بل ويوجد حتى شكل خماسي في إحدى المدن.

وعندما تلتقط صورا بدرجة وضوح تظهر تفصيلات ما يمتد مترا واحدا، أو صورا تغطي مسافة أقل، فإنك ستجد أن الخطوط المستقيمة المتقاطعة

داخل المدن والخطوط المستقيمة الطويلة التي تربطها بالمدن الأخرى مليئة بكائنات انسيابية متعددة الألوان يبلغ طولها بضعة أمتار، وتجرى بأدب واحدة تلو الأخرى في سلسلة منتظمة وطويلة وبطيئة، وهي صبورة للغاية ويقف أحد مواكب هذه الكائنات حتى يتيح لموكب آخر أن يواصل السير في الزوايا الصحيحة وبصورة دورية يردّ الجميل لموكب آخر. أما في الليل فيضيء كل منها ضوئين باهرين في المقدمة حتى يتمكن من رؤية الاتجاه الذي يسير فيه. وبعضها، وهو عدد قليل متميز يدخل إلى بيوت صغيرة بعد انتهاء يوم العمل مختليا بنفسه في الليل. أما الغالبية فتبيت في الطرقات بلا مأوى. إنك، أخيرا اكتشفت مصادر التكنولوجيا، وأشكال الحياة المهيمنة على هذا الكوكب. ويبدو بوضوح أن شوارع المدن وطرقات الريف مشيدة خصيصا لفائدتها وبإمكانك الآن الاعتقاد بأنك بدأت بالفعل في إدراك الحياة على كوكب الأرض، وربما تكون محقا.

وإذا ما تحسن وضوح الصورة بدرجة أكبر قليلا فإنك ستكتشف وجود طفيليات دقيقة تدخل وتخرج أحيانا إلى ومن أجسام الكائنات الحية السائدة وتلعب هذه الطفيليات دورا أعمق لأن كائنا حيا مهيمنا يجفل من جديد بعد أن تعاوده الإصابة بطفيل ما، ثم يرتبك تماما مرة ثانية قبل خروجه، إنه لأمر مُلغز، ولكن من قال إن الحياة على كوكب الأرض يسهل فهمها.

إن جميع الصور التي قمت بالتقاطها حتى الآن في ضوء الشمس المنعكس - أي في جانب النهار من الكوكب. وإن شيئا أكثر إثارة يكتشف عندما تلتقط صورا لكوكب الأرض في الليل: الكوكب مضاء، وإن أكثر المناطق ضياء، هي الواقعة بالقرب من القارة القطبية الجنوبية، مضاءة عن طريق الشفق القطبي الشمالي - أي أن الضوء ليس ناتجا بفعل الحياة على الكوكب، وإنما عن طريق الإلكترونات والبروتونات القادمة من الشمس والمتجهة إلى أسفل بقوة المجال المغناطيسي لكوكب الأرض، أما كل شيء آخر تراه فهو يعزى إلى الحيا ة القائمة على الكوكب وتحدد الأضواء بوضوح القارات نفسها التي تستطيع أن تميزها في النهار وتتطابق الكثير من المدن مع المدن التي رسمت لها خرائط من قبل.

تتركز المدن بالقرب من السواحل، وتميل إلى التناثر داخل القارات وربما تتوق الكائنات الحية المهيمنة إلى مياه البحر (أو ربما كانت السفن

التي تمخر المحيطات يوما ما ضرورية بالنسبة للتجارة والهجرة).

ومع ذلك فبعض الأضواء لا يعزى إلى المدن، ففي شمال أفريقيا والشرق الأوسط وسيبيريا على سبيل المثال هناك أضواء شديدة اللمعان على السطح القاحل نسبيا وقد ثبت في النهاية أنها ناجمة عن الاحتراق بآبار النفط والغاز الطبيعي. وعندما تنظر إلى بحر اليابان للمرة الأولى تجد مساحة غريبة من الضوء مثلثة الشكل إنها تقابل في النهار المحيط المفتوح. وهي ليست مدينة، تُرى ماذا تكون؟ إنه في واقع الأمر أسطول ياباني لصيد الحبار يستخدم نوعا ممتازا من الإضاءة لاجتذاب قطعان الحبار من الأعماق، وفي أيام أخرى كان هذا النوع من الضوء يتجول في جميع أنحاء المحيط الهادي بحثا عن فريسة. إن ما قمت باكتشافه هنا هو في الواقع «سوشي».

ويبدو لي أن من المعقول الكشف بسهولة من الفضاء عن بعض الغرائب وغايات الحياة على كوكب الأرض ـ سلوك أمعاء الحيوانات المجترة، المطبخ الياباني ، وسائل الاتصال بالغواصات الهائمة التي تحمل الموت لما يزيد على 200 مدينة ـ في حين أن كثيرا من النصب التذكارية وأعمالنا الهندسية العظيمة وجهودنا لرعاية بعضنا بعضا لا تبدو مرئية تقريبا. إنه نوع من الأمثال ذات المغزى الأخلاقي.

وعند هذه المرحلة يجب النظر إلى بعثتك إلى كوكب الأرض بوصفها قد حققت نجاحا كبيرا. لقد قمت بتمييز البيئة واكتشفت الحياة وجدت مظاهر لكائنات ذكية، بل حددت النوع السائد، ذلك النوع المسكون بالهندسة والخطوط المستقيمة، إن هذا الكوكب يستحق بالقطع دراسة أطول وأكثر تفصيلا. وهذا هو السبب وراء إدخالك سفينتك الفضائية إلى مدار حول كوكب الأرض.

وحين تنظر إلى أسفل تجاه الكوكب فإنك تكشف عن ألغاز جديدة. إن المداخن في جميع أنحاء كوكب الأرض تطلق ثاني أكسيد الكربون والمواد الكيميائية السامة إلى الهواء، وتفعل الشيء نفسه الكائنات غير الحية المهيمنة التي تجرى في الطرقات ولكن ثاني أكسيد الكربون هو غاز دفيء، وكما تلاحظ فإن كميته في الغلاف الجوي تزداد باضطراد ـ سنة بعد سنة ـ ويصدق الشيء نفسه بالنسبة لغاز الميثان وغيره من الغازات الدفيئة، وإذا

ما استمرت هذه العملية، فإن درجة حرارة الكوكب سوف ترتفع وبالنظر عبر المطياف (منظار التحليل الطيفي) فإنك تكتشف طائفة أخرى من الجزيئات التي يجرى حقنها في الهواء إنها الكلوروفلوروكربونات. ولا تعد هذه الغازات غازات دفيئة فقط ولكنها مؤثرة بصورة تخريبية في تدمير طبقة الأوزون الواقية.

وإذا نظرت بمزيد من الاقتراب إلى مركز قارة أمريكا الجنوبية وهي ـ كما تعرف الآن ـ غابة مطيرة ضخمة فإنك سوف ترى كل ليلة آلاف الحرائق، أما في النهار فالمنطقة مغطاة بالدخان وعلى مر السنين سوف تجد في أنحاء الكوكب كافة عددا أقل فأقل من الغابات وأكبر فأكبر من الصحارى خفيضة الأشجار.

وإذا نظرت إلى أسفل تجاه جزيرة مدغشقر الكبيرة فإنك ستجد الأنهار ملونة باللون البني، مولدة بقعا ضخمة في مياه المحيط التي تلفها. إنها التربة الفوقية تستنزف نحو البحر بمعدلات عالية جدا، بحيث لن يبقى شيء منها في العقود القليلة القادمة وكما تلاحظ، يحدث الشيء نفسه عند مصبات الأنهار في جميع أنحاء الكوكب.

ولكن غياب التربة الفوقية يعني غياب الزراعة. إذن، ماذا سيأكلون بعد قرن آخر؟

ماذا سيتنفسون؟ وكيف سيتأقلمون مع بيئة متغيرة أكثر خطورة؟

ومن منظور رؤيتك المداري، يمكنك أن ترى بوضوح حدوث شيء ما خاطىء، إن الكائنات الحية المهيمنة أيا كانت، والتي خاضت كثيرا من المشكلات من أجل تعديل السطحـ تدمر في الوقت ذاته طبقة الأوزون والغابات، وتعري ما تملكه من تربتها الفوقية وتقوم بإجراء تجارب ضخمة غير خاضعة للسيطرة على مناخ كوكبها. ألم تلحظ ماذا يحدث؟ هل تجهل مصيرها ؟ هلي هي عاجزة عن العمل معا من أجل هذه البيئة التي توفر لها جميعا سبل العيش؟

ربما تعتقد أنه قد حان الوقت لإعادة تقييم حدسك بوجودحياة ذكية على كوكب الأرض.

* * *

البحث عن حياة في مكان آخر: اختبار المعايرة

لقط طافت سفينة فضاء من كوكب الأرض الآن بعشرات الكواكب والأقمار والمذنبات والكويكبات السيارة. وهي مسلحة بالكاميرات والأدوات

اللازمة لقياس درجة الحرارة وموجات الراديو والاسبكترومترات لتحديد التكوينات، فضلا عن مجموعة أخرى من الأجهزة. ولم نجد أي إشارة على وجود حياة في أي مكان آخر بالمنظومة الشمسية ولكنك، ربما بدأت تتشكك في قدرتنا على اكتشاف الحياة في أي مكان آخر وخاصة حياة تختلف عن النمط الذي نعرفه.

وحتى وقت قريب لم نقم أبدا بإجراء اختبار المعايرة الواضح: إرسال سفينة فضاء حديثة بين الكواكب مرسلة من كوكب الأرض لنر ى ما إذا كنا قادرين على اكتشاف أنفسنا ولقد تغير الأمر برمته في 8 ديسمبر العام 1990.

إن جاليليو هي سفينة فضاء تابعة لـ «ناسا» وقد صممت لاستكشاف كوكب المشتري العملاق، وأقماره وحلقاته. وقد جرى تسمية السفينة باسم العالم الإيطالي البطل الذي لعب دورا رئيسيا للغاية في إسقاط الزعم القائل بمركزية الأرض. إنه أول من رأى كوكب المشتري كعالم واكتشف أقماره الأربعة الكبيرة وللوصول إلى كوكب المشتري كان يجب على سفينة الفضاء التحليق بالقرب من كوكب الزهرة (مرة واحدة) ومن كوكب الأرض (مرتين)، وأن تحصل على عجلتها من جاذبية هذه الكواكب. فبخلاف ذلك، لم يكن هناك ما يكفي من الحيوية للوصول بها إلى حيث تذهب. هذه ضرورة لتصميم المسار، أتاحت لنا للمرة الأولى أن ننظر من منظور خارجي بمنهجية نحو كوكب الأرض.

طارت جاليليو على ارتفاع يبلغ 960 كيلو مترا فحسب (حوالي 600 ميل) من سطح كوكب الأرض ومع بعض الاستثناءات بما فيها صور توضح ملامح أدق لمساحة كليو متر واحد فضلا عن صور لكوكب الأرض ليلا. يمكن القول إن البيانات الواردة في هذا الفصل قد حصلنا عليها بالفعل من جاليليو. فمن خلال سفينة الفضاء جاليليو، استطعنا الاستدلال على الغلاف الجوي الأكسجيني، وعلى الماء، والسحب والمحيطات والجليد القطبي والحياة، والكائنات الذكية. إن عملية استخدام الأدوات والنظم التي تم تطويرها لاستكشاف الكواكب بهدف مراقبة صحتنا البيئية - وهو الأمر الذي تقوم به «ناسا» الآن بجدية. قد وصفها رائد الفضاء سالي رايد بأنها «بعثة إلى كوكب الأرض».

أما باقي أعضاء فريق «ناسا» العلمي الذين عملوا معي في برنامج سفينة الفضاء «جاليليو» لاقتفاءأثر الحياة على كوكب الأرض، فكان يضم: د. ريد طوسون، من جامعة كورنل، ود. روبرت كارلسون، من مختبرالدفع النفثي، ود.. دونالد جارنيت، من جامعة إيوا، ود. تشارلز هورد من جمعة كولورادو.

إن نجاحنا في اكتشاف الحياة على كوكب الأرض باستخدام سفينة الفضاء جاليليو، دونما افتراضات مسبقة حول ما يجب أن تكون عليه هذه الحياة، يزيد من ثقتنا في أننا إذا ما فشلنا في العثور على حياة على الكواكب الأخرى فلن تكون هذه النتيجة السلبية دون مغزى ، هل هذا الحكم يعتبر مركزية بشرية أم مركزية أرضية أو ضيق أفق؟ لا أعتقد ذلك، فنحن لا نبحث عن نوعنا البيولوجي فحسب. إن أي صبغ واسع الانتشار لعملية البناءالضوئي، وأي غاز ينطلق بكمية كبيرة فيما يتعلق باتزانه مع باقي غازات الغلاف الجوي، وأي معالجة للسطح بنماذج هندسية عالية، وأي تألق ثابت للضوء في نصف الكرة الليلي، وأي مصدر غير جوي لرسائل الراديو، إن أيا من أولئك إنما يدل على وجود الحياة. وعلى كوكب الأرض لم نجد بالطبع سوى نوعنا ولكن قد نكتشف أنواعا عدة مختلفة في أماكن أخرى، إننا لم نجدها وهذا الاختبار للكوكب الثالث يدعم استنتاجنا الأوليّ بأن عالمنا فقط من بين عوالم المنظومة الشمسية كافة هو الذي وُهب الحياة.

لقد بدأنا لتونا البحث، وربما كانت الحياة مختفية على كوكب المريخ أو المشتري، على يوروبا أو تيتان، وربما كانت المجرة زاخرة بعوالم غنية بالحياة مثل عالمنا. ربما كنا نحن في بداية القيام بمثل هذه الاكتشافات. ولكن في هذه اللحظة ومن زاوية المعرفة الفعلية، فإن كوكب الأرض يعد عديم النظر. فلم يعرف بعد أي عوالم أخرى تأوي حتى ميكروبا ـ أو تخفي حضارة تكنولوجية ... أقل بكثير.

6 انتصار ڤوييچر Voyageur

الرؤى التي نطرحها على أطفالنا تسهم في تشكيل المستقبل، ومن المهم بالنسبة للمستقبل ما تكون عليه هذه الرؤى. فكثيرا ما تصبح الرؤى نبوءات بالتحقيق الذاتي للمرام، إن الأحلام خرائط.

لا أعتقد أن رسم صورة للمستقبل، حتى وإن كان أليما، يعد أمرا يفتقر إلى الشعور بالمسؤولية، فإذا كنا نرغب في تجنب المستقبل المؤلم، علينا أن ندرك إمكان حدوثه، ولكن، أين البديل؟ أين الأحلام التي تحفز وتلهم؟ إننا نتوق إلى خرائط واقعية لعالم يمكننا أن نفخر بتقديمه لأطفالنا، أين هم واضعو خرائط الأهداف الإنسانية أين تكمن رؤى المستقبل الواعد، رؤى التكنولوجيا كأداة من أجل تحقيق ما هو أفضل لخير الإنسان، وليس كسلاح مستعد للإطلاق وموجه نحو رؤوسنا؟

إن وكالة «ناسا» في مجرى عملها العادي، تقدم مثل هذه الرؤية. ولكن كثيرا من الناس في أعوام الثمانينيات والتسعينيات، كانوا ينظرون إلى برنامج الفضاء الأمريكي بشكل مغاير، باعتباره متتالية من الكوارث ـ وفاة سبعة من أشجع رجال أمريكا في مهمة كان عملها الأساسي هو تثبيت قمر صناعي للاتصالات، كان في الإمكان إطلاقه بتكلفة أقل

النازلون إلى البحر في السفن، العاملون عملا في المياه الكثيرة
هم رأوا أعمال الرب وعجائبه في العمق

المزامير، مزمور 107 (حوالي العام 150 قبل

من مخاطرة إلحاق الأذى بأي فرد، وإرسال تلسكوب، ثمنه بليون دولار مصحوبا بحالة سيئة من الحسرة، وإرسال سفينة فضاء إلى كوكب المشتري لم ينفتح الهوائي الأساسي الخاص بها، على الرغم من ضرورته لإعادة البيانات إلى كوكب الأرض، وفقد مجس فضائي عندما كان على وشك الدخول في مدار حول المريخ. ويصف البعض، الذين يتملقون «ناسا» في كل وقت إرسال رواد فضاء إلى أعلى لمسافة 200 ميل في كبسولة صغيرة تدور حول كوكب الأرض بلا نهاية ودون أن تذهب لأي مكان، يصفون ذلك بأنه عملية استكشاف. ومقارنة بالإنجازات الرائعة لبعثات الروبوت، فمن المثير للدهشة ندرة الاكتشافات العلمية الأساسية التي تنبثق من البعثات الفضائية التي تضم بشرا. وباستثناء بعثات إصلاح الأقمار الصناعية المعطوبة أو سيئة الصنع، أو إطلاق قمر صناعي، يمكن أيضا إرساله عبر جهاز تعزيز دون بشر، فقد كان البرنامج الذي يضم إرسال بشر غير قادر منذ أعوام السبعينيات على تحقيق إنجازات تتناسب وحجم التكلفة، وهناك آخرون اعتبروا ناسا ذريعة من أجل الخطط الحمقاء لتثبيت الأسلحة في الفضاء، على الرغم من حقيقة أن وجود السلاح في مدار فضائي يماثل في ظروف عديدة، طائر البط وهو جالس. كما أن وكالة «ناسا» قد أبدت ما ينتابها من أعراض شيخوخة البيروقراطية وتصلب شرايينها، فضلا عن إفراطها في الحذر والحرص، وعدم إقبالها على المغامرة. وربما بدأ هذا المنحى يأخذ توجها معاكسا.

ولكن هذه الانتقادات - وكثير منها صحيح - ينبغي ألا تعمينا عن انتصارات «ناسا» في الفترة نفسها: أول استكشاف لمنظومتي أورانوس ونبتون، وإصلاح تلسكوب «هابل» الفضائي وهو في مداره؛ وإثبات أن وجود المجرات يتوافق مع الانفجار الكبير؛ وأول مراقبة عن قرب للكويكبات السيارة؛ ووضع خريطة لكوكب الزهرة من القطب إلى القطب؛ ومراقبة تآكل طبقة الأوزون؛ واكتشاف وجود ثقب أسود تقدر كتلته بمليون شمس ويقع في مركز المجرة القريبة؛ فضلا عن الالتزام التاريخي بالمحاولات الفضائية المشتركة بين الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا.

وهناك تضمينات بعيدة المدى ورؤيوية بل ثورية في برنامج الفضاء. إن الأقمار الصناعية التي تربط الكوكب في مجال الاتصالات تحتل موقعا

مركزيا بالنسبة للاقتصاد العالمي، وهي تثبت عبر التلفزيون، وعلى نحو منتظم، حقيقة جوهرية مفادها: أننا نعيش في مجتمع عالمي. والأقمار الصناعية الخاصة بالأرصاد الجوية تتنبأ بالجو، وتحمي الأرواح من الأعاصير، وتجنبنا إنفاق بلايين عديدة من الدولارات على خسائر المحاصيل سنويا. أما أقمار الاستطلاعات العسكرية وتطبيق الاتفاقات، فهي تمنح الأمم والحضارة العالمية شعورا بالأمان. في عالم يمتلىء بعشرات الآلاف من الأسلحة النووية، وتعمل من جميع الجوانب، كمهدىء للمتهورين والمصابين بجنون العظمة، إنها بمنزلة أدوات جوهرية للحياة على كوكب مضطرب يصعب فيه التنبؤ.

إن الأقمار الصناعية التي ترقب كوكب الأرض، وخاصة مع نشر جيل جديد منها، تعمل على مراقبة سلامة البيئة العالمية: ارتفاع درجة الحرارة الناجم عن الدفيئة؛ وتآكل التربة الفوقية، واستنفاد طبقة الأوزون، وتيارات المحيطات، والأمطار الحمضية، وتأثير الفيضانات والجفاف، فضلا عن الأخطار الجديدة التي لم نكتشفها بعد. وكلها أمور تتعلق بصحة البيئة وسلامتها بشكل مباشر.

إن النظم العالمية لتحديد المواقع قد أصبحت الآن ملائمة، بحيث إن موقعك يتم مسحه على شكل مثلثات بالراديو بواسطة الأقمار الصناعية العديدة. وإذا أمسكت أداة صغيرة بحجم راديو حديث قصير الموجة، فإن بإمكانك تحديد موقعك بين خطوط الطول والعرض بدرجة عالية من الدقة. ومن هنا، فإن أي طائرة تتحطم أو أي سفينة تتعثر في الضباب أو في مياه ضحلة، أو أي سائق يسير في مدينة غير مألوفة لديه، لن يتعرض أي منهم للضياع مرة أخرى.

أما الأقمار الصناعية الفلكية التي تحدق في الخارج من مدار كوكب الأرض فإنها ترصد بوضوح فائق. إنها تدرس قضايا متنوعة تتراوح من إمكان وجود كواكب حول النجوم القريبة، إلى أصل الكون ومصيره. والمجسات الكوكبية قريبة المدى تستكشف تلك المجموعة فائقة الجمال من العوالم الأخرى في منظومتنا الشمسية، ومقارنة مصائرها بمصائرنا.

كل تلك الأنشطة تتطلع نحو الأمام، وواعدة، ومفعمة بالحيوية، وذات جدوى اقتصادية. ولا يحتاج أي نشاط منها لطيران «الرجال» إلى الفضاء[1].

وهناك قضية أساسية تواجه مستقبل «ناسا» ونعالجها في هذا الكتاب، وهي تتعلق بما إذا كانت التبريرات المزعومة بشأن الطيران البشري متماسكة وقابلة للتأكيد. وهل هذا الطيران يستحق تلك التكلفة؟

ولكن، لندرس أولا رؤى المستقبل الواعد الذي تقدمه السفن الفضائية الروبوت التي تجول بين الكواكب.

السفينتان الفضائيتان ڤوييچر ـ 1 وڤوييچر ـ 2 هما اللتان فتحتا الأبواب إلى المنظومة الشمسية أمام النوع الإنساني، وهما اللتان تشقان طريقا لأجيال المستقبل، وقبل إطلاقهما، في أغسطس، وسبتمبر العام 1977، كنا نجهل تماما الجانب الكوكبي من المنظومة الشمسية، وعبر السنوات العشر التالية، أمدتنا السفينتان بأول معلومات مفصلة مستقاة عن قرب لعديد من العوالم الجديدة. وكان بعض هذه العوالم معروفا من قبل كمجرد أقراص غامضة في عيون التلسكوبات الأرضية، وكان البعض الثاني يعد مجرد نقاط من الضوء، وهناك البعض الثالث الذي كان وجوده ذاته مشكوكا فيه. وحتى الآن ما تزال السفينتان ترسلان كميات هائلة من المعلومات.

لقد علمتنا هاتان السفينتان الكثير حول عجائب العوالم الأخرى، وحول تفرد وهشاشة عالمنا، وحول البدايات والنهايات. لقد فتحتا لنا منفذا إلى غالبية المنظومة الشمسية ـ سواء من حيث المدى أو العدد. إنهما السفينتان اللتان كانتا أول من استكشف ما قد تكون عليه أوطان أخلافنا البعيدين.

إن مركبات الإطلاق بالولايات المتحدة الأمريكية في تلك الأيام كانت أضعف من أن تجعل سفينة فضاء تصل إلى كوكب المشتري، أو إلى ما ورائه، في سنوات عدة قليلة فحسب. من خلال الدفع الصاروخي وحده. ولكننا إذا كنا ماهرين (ومحظوظين) فهناك شيء آخر يمكننا القيام به: هو أنه بإمكاننا كما حدث بالنسبة لسفينة الفضاء جاليليو بعد ذلك بسنوات) أن نطير بالقرب من عالم واحد، وأن نكتسب قوة من جاذبيته تدفعنا للكوكب التالي. ويطلق على هذه العملية اسم مساعدة الجاذبية. وهي طريقة لا تكلفنا أي شيء تقريبا، وإنما تحتاج فقط إلى الإبداع. إنه شيء يماثل الإمساك بسارية أرجوحة دوارة كلما مرت ـ حتى تزيد من سرعتك وتعمل على طيرانك إلى اتجاه جديد. ويتم التعويض عن عجلة سفينة الفضاء من خلال إبطاء الحركة المدارية للكوكب حول الشمس. ولكن لأن الكوكب شديد

الضخامة مقارنة بسفينة الفضاء فإنه يكاد لا يبطىء على الإطلاق. لقد اكتسبت كل واحدة من السفينتين ڤوييچر تعزيزا للسرعة يقترب من 40ألف ميل في الساعة من جاذبية كوكب المشتري، الذي أبطأ بدوره من حركته حول الشمس. ولكن ترى بأي قدر؟ بعد مرور خمسة بلايين سنة من الآن، عندما تصبح شمسنا عملاقا أحمر مبتلعا، سيقصر موضع كوكب المشتري بمقدار مليمتر واحد عما كان مفترضا أن يكون عليه لو لم تكن ڤوييچر ـ 1 قد حلقت حوله في القرن العشرين.

وقد استفادت سفينة الفضاء ڤوييچر ـ 2 من اصطفاف نادر للكواكب: فطيرانها القريب من المشتري قد أكسبها سرعة نحو زحل، ومن زحل إلى أورانوس، ومن أورانوس إلى نبتون، ومن نبتون إلى النجوم. ولكنك لا تستطيع تحقيق ذلك في أي وقت تريد، لقد أتت الفرصة السابقة للقيام بلعبة بلياردو السماء هذه أثناء رئاسة توماس چيفرسون. كنا عندئذ في مرحلة من مراحل الاستكشاف الفضائي تماثل مرحلة امتطاء صهوة الجواد، أو الإبحار في زورق من زوارق كنو الطويلة الخفيفة، أو استخدام المراكب الشراعية (وكانت الزوارق البخارية وهي التكنولوجيا التحويلية الجديدة ما تزال في بداياتها).

ونظرا لعدم توافر التمويل المناسب، كان بإمكان مختبر الدفع النفثي التابع لـ «ناسا» تمويل سفينة فضاء تعمل بجدارة حتى زحل فحسب. أما أبعد من ذلك، فقد كانت الرهانات كافة خارج الموضوع. ومع ذلك، ونتيجة لذكاء التصميم الهندسي ـ إضافة إلى حقيقة أن مهندسي مختبر الدفع النفثي الذين يرسلون التعليمات بالراديو للسفينة الفضائية قد جعلوا منها سفينة أسرع وأذكى من أن تكون مجرد سفينة غبية ـ استمرت السفينتان لاستكشاف أورانوس ونبتون. وفي أيامنا هذه تبث السفينتان معلومات عن الاكتشافات التي حققتاها من موقعهما خلف أبعد الكواكب المعروفة بالمنظومة الشمسية.

إننا نتوق لسماع المزيد حول ما تبعثه السفن من روائع أكثر من توقنا لسماع ما يتعلق بالسفن ذاتها أو بُناتها. كان الأمر دائما على هذا النحو. حتى كتب التاريخ التي فتنتها رحلات كريستوفر كولومبوس لم تخبرنا بالكثير عن بناة سفن نينا، أو بينتا، أو سانتا ماريا، كما لم تخبرنا بالكثير عن

مصدر المراكب الشراعية الصغيرة. أما هذه السفن الفضائية، ومصمموها وبُناتها، وملاحوها، ومراقبوها، فتعد أمثلة على ما يمكن أن ينجزه العلم والهندسة من أجل الأغراض السلمية المحددة بدقة. إن هؤلاء العلماء والمهندسين ينبغي أن يكونوا نماذج لدور أمريكا التي تنشد التفوق والمنافسة الدولية. وينبغي أن تحمل طوابعنا صورهم.

عند كل كوكب من الكواكب الأربعة العملاقة ـ المشتري، وزحل، وأورانوس، ونبتون ـ قامت إحدى السفينتين أو كلتاهما بدراسة الكوكب ذاته ، وحلقاته، وأقماره، وفي العام 1979، واجهت السفينتان بشجاعة عند كوكب المشتري، كمية من الجزيئات المشحونة، تزيد كثافتها ألف مرة عما يتطلبه الأمر لقتل إنسان. وهما مغلفتان بكل هذا الإشعاع، اكتشفت السفينتان حلقات أكبر الكواكب، وأول بركان نشط خارج كوكب الأرض، كما اكتشفتا محيطا جوفيا محتملا في عالم خال من الهواء ـ فيما بين مجموعة أخرى من الاكتشافات المذهلة. وفي العامين 1980 و1981، عند كوكب زحل، استطاعت السفينتان اجتياز عاصفة ثلجية عنيفة واكتشفتا ليس فقط بضع حلقات جديدة بل آلاف الحلقات. كما درست السفينتان الأقمار المتجمدة التي انصهرت على نحو غامض في الماضي القريب نسبيا، فضلا عن دراستهما لعالم كبير يعتقد أن به محيطا من الهيدروكربون السائل، وتعلوه سحب من مادة عضوية.

وفي الخامس والعشرين من يناير 1986، دخلت السفينة ڤوييجر ـ 2 منظومة أورانوس وأبلغت عن سلسلة من العجائب. استمر اللقاء لساعات فحسب، ولكن المعلومات المرسلة بأمانة إلى كوكب الأرض أدت إلى تثوير معارفنا عن ذلك الكوكب ذي اللون الأزرق المخضر، وعن أقماره البالغ عددها 15 قمرا، وعن حلقاته شديدة السواد، وعن حزامه من الجزيئات الواقعة في شراكه، والمشحونة بطاقة كبيرة. وفي الخامس والعشرين من أغسطس العام 1989، انزلقت السفينة ڤوييجر ـ 2 إلى منظومة نبتون، ولاحظت، مع إضاءة معتمة، بفعل الشمس البعيدة، أنماطا من مشاهد ورسوم متغيرة ومختلفة الألوان للسحب وقمرا غريبا يتأرجح فوقه ريش من جزيئات عضوية بفعل الهواء المذهل الرقيق، وفي العام 1992، وبينما تجري السفينتان إلى ما يتجاوز أبعد الكواكب المعروفة التقطتا إرسالا للراديو، ظن أنه صادر عن الفاصل الشمسي (heliopause) الذي ما يزال بعيدا ـ

المكان الذي تفسح فيه الرياح الشمسية الطريق للرياح القادمة من النجوم.

ونظرا لوجودنا على كوكب الأرض، فإننا مجبرون على التحديق في العوالم البعيدة من خلال محيط من الهواء المشوه. ولهذا فإن قدرا كبيرا من الأشعة فوق البنفسجيةوتحت الحمراء وموجات الراديو التي تصدر عن تلك العوالم لا تخترق غلافنا الجوي. وهكذا من السهل أن نفهم لماذا ثوّرت سفننا الفضائية دراسة المنظومة الشمسية: إننا نصعد إلى فراغ الفضاء سعيا وراء الوضوح الشديد، وهناك نقترب من أهدافنا، ونحلق إلى ما ورائها كما فعلت السفينتان ڤوييچر، أو نتخذ مدارات حولها، أو نهبط على أسطحها.

لقد أرسلت السفينتان ڤوييچر إلى كوكب الأرض 4 تريليونات قصاصة من المعلومات، أي ما يعادل تقريبا 100 ألف مجلد من مجلدات دائرة المعارف وقد تحدثت عن لقاءات السفينتين الفضائيتين ڤوييچر ـ 1 وڤوييچر ـ 2 مع منظومة كوكب المشتري في الكون. وفي الصفحات التالية، سأتحدث عن لقاءاتهما مع زحل وأورانوس ونبتون.

قبل لقاء ڤوييچر مع منظومة أورانوس مباشرة، كان تصميم البعثة قد حدد القيام بمحاولة أخيرة، هي إشعال قصير لنظام الدفع على متن السفينة لوضعها في موقع صحيح يتيح لها أن تشق طريقها عبر مسار محدد سلفا بين الأقمار سريعة الاندفاع. ولكن ثبت أن تصحيح المسار غير ضروري. فقد كانت سفينة الفضاء بالفعل على بعد 200 كيلو متر من المسار المعد لها ـ بعد رحلة عبر طريق على شكل قوس يبلغ طوله 5 بلايين كيلومتر. وهذا ما يعادل تقريبا إدخال دبوس في ثقب إبرة تبعد 50 كيلومترا، أو إطلاق رصاصة من مسدسك في واشنطن كي ترتطم برأس ثور في دالاس.

إن ذخائر الكنوز الكوكبية تعود عبر الراديو إلى كوكب الأرض، ولكن كوكب الأرض بعيد جدا، بحيث عندما تجمعت الإشارة القادمة من نبتون، من خلال التلسكوبات الراديوية على كوكبنا. لم نحصل إلا على قوة تصل إلى 10ـ 16 وات (أي 15 صفرا قبل العلامة العشرية والواحد). والنسبة بين هذه الإشارة الضعيفة والقوة الصادرة عن مصباح قراءة صغير تعادل النسبة بين قطر الذرة والمسافة من كوكب الأرض إلى القمر. ويبدو الأمر مماثلا لسماع خطوات الأميبا.

لقد تم تصور البعثة في أواخر الستينيات. وبدأ تمويلها مع العام 1972. ولكنها لم تحظ بالموافقة على شكلها الأخير (بما فيه اللقاءات بأورانوس ونبتون)، إلا بعد أن أكملت السفينتان استطلاع كوكب المشتري.

وقد رفعت السفينتان من على كوكب الأرض باستخدام نظام تحفيز تيتان/ قنطورس الذي يستخدم لمرة واحدة. إن ڤوييچر، التي يصل وزنها إلى حوالي الطن، يمكن أن تملأ منزلا صغيرا. وكانت كل سفينة منهما تسحب حوالي 400 وات من الكهرباء ـ أقل بكثير مما يسحبه منزل أمريكي متوسط ـ من مولد كهربائي يحول البلوتونيوم ذا النشاط الإشعاعي إلى كهرباء(لو كنا مضطرين إلى الاعتماد على الطاقة الشمسية، فإن الكهرباء المتاحة كانت سرعان ما تتقلص، مع مغامرة السفينتين بالتحرك إلى مسافات أبعد فأبعد من الشمس. وإن لم تكن هناك طاقة نووية، ما كانت ڤوييچر ستتمكن من إرسال أي بيانات على الإطلاق عن المنظومة الشمسية الخارجية، اللهم إلا قدرا ضئيلا عن كوكب المشتري).

إن تدفق الكهرباء خلال الأجزاء الداخلية لسفينة الفضاء يولد مغناطيسية تكفي لسحق الأداة الحساسة التي تقيس المجالات المغناطيسية الواقعة بين الكواكب. ولهذا، يوضع المغناطومتر ـ مقياس المغناطيسية، أداة لقياس قوة المجال المغناطيسي ـ في نهاية ذراع طويلة، بعيدا عن التيارات الكهربية المؤذية. ومع إسقاطات أخرى، فإنه يعطي ڤوييچر مظهر قنفذ كبير، وتوضع الكاميرات واسبكترومترات قياس الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية، فضلا عن جهاز قياس الاستقطاب الضوئي (فوتو بولاريميتر) على منصة المسح التي تدور على محورها وفقا للأوامر الصادرة لها، بحيث يمكن توجيه هذه الأجهزة نحو العالم المستهدف. ولابد أن تعرف سفينة الفضاء موقع كوكب الأرض، إذا ما وجِّه الهوائي بدقة، وتم تسلم الرسائل في الوطن. وتحتاج السفينة أيضا إلى معرفة موقع الشمس، فضلا عن نجم واحد لامع على الأقل، حتى تقدر على توجيه نفسها في الأبعاد الثلاثة وأن تتجه بالصورة الملائمة نحو أي عالم مار. وإذا لم تكن قادرا على تصويب الكاميرات، فلن يكون مفيدا إرسال الصور عبر بلايين الأميال.

تصل تكلفة كل سفينة فضائية إلى ما يماثل تكلفة قاذفة قنابل استراتيجية حديثة. ولكن ڤوييچر على خلاف قاذفات القنابل، ليس بإمكانها، بعد

إطلاقها، العودة إلى حظيرتها للإصلاح، ولذا، يتم تصميم أجهزة الكمبيوتر والأجهزة الإلكترونية بالسفينة بكميات وفيرة. وكثير من الآلات الرئيسية، بما في ذلك المستقبل الرئيسي للراديو. لها جهاز احتياطي واحد على الأقل تجرى الاستعانة به عند الحاجة وعندما تواجه أي من السفينتين «ڤوييچر» مشكلة، تستخدم أجهزة الكمبيوتر منطق شجرة الاحتمالات ذات الأفرع لتشغيل مجرى العمل على نحو صحيح. وإذا لم يفلح ذلك، ترسل السفينة رسالة بالراديو للوطن طلبا للمساعدة.

ومع زيادة ابتعاد السفينة الفضائية في رحلتها بعيدا عن كوكب الأرض، فإن زمن الدورة الكاملة لرحلة الراديو يزيد أيضا، ويصل إلى 11 ساعة، وحين تكون ڤوييچر عند نبتون ـ وبالتالي، ففي حالات الطوارىء ـ تحتاج السفينة لمعرفة كيف تضع نفسها في وضع الاستعداد الآمن، بينما تنتظر المعلومات من كوكب الأرض. فمن المتوقع مع ازدياد عمر السفينة أن يحدث المزيد والمزيد من الإخفاقات، سواء في أجزائها الكيميائية أو في نظام أجهزة الكمبيوتر لديها، على الرغم من عدم وجود أي إشارة حتى الآن عن حدوث أي تدهور في الذاكرة ـ وهو مرض يصيب الروبوت ويماثل مرض الزهايمر عند الإنسان.

ولا يعني ذلك أن ڤوييچر بالغة حد الكمال. فقد وقعت حوادث مؤسفة خطيرة في المحور المفصلي تهدد مهماتها. وفي كل مرة، كان يجري تكليف فرق خاصة من المهندسين ـ كان بعضهم يعمل في برنامج ڤوييچر منذ نشأته من أجل «حل» المشكلة ـ بدراسة الأسباب العلمية التي تتضمنها المشكلة، مستعينين بخبراتهم السابقة مع المنظومات الفرعية التي منيت بالفشل. كما يختبرون الأمر عن طريق أدوات لم تطلق أبدا وتتطابق مع الأدوات الموجودة في سفينة الفضاء ڤوييچر أو يقومون حتى بتصنيع عدد كبير من مكونات النوع الذي أخفق، وذلك لاكتساب بعض الفهم الإحصائي للنمط الفاشل.

وفي أبريل 1978، بعد حوالي ثمانية شهور من إطلاق ڤوييچر. وعندما كانت تقترب من حزام الكويكبات السيارة. تسبب إهمال أحد الأوامر الأرضية ـ وهو خطأ بشري ـ في أن يتحول الكمبيوتر الموجود على متن السفينة ڤوييچر ـ 2، من مستقبل الراديو الرئيسي إلى بديله الاحتياطي. وخلال

البث الأرضي التالي إلى السفينة،رفض المستقبل الاحتياطي تلقي الإشارة القادمة من كوكب الأرض. لقد تعطل أحد المكونات المسمى «المكثف الحلقي لمتابعة الهدف» وبعد مرور سبعة أيام، انقطع فيها الاتصال بالكامل مع السفينة ڤوييچر ـ 2، قام فجأة برنامج الكمبيوتر الخاص بالحماية من الأخطاء بإصدار أمر إغلاق للمستقبل الاحتياطي وأمر فتح مرة أخرى للمستقبل الرئيسي. وبصورة مبهمة ـ ولا أحد يعرف السبب حتى الآن ـ تعطل المستقبل الرئيسي مرة أخرى بعد مرور دقائق عدة. ولم يعد يسمع من جديد على الإطلاق وفوق ذلك، فقد أصر الكمبيوتر، الموجود على متن السفينة إصرارا غبيا على استخدام المستقبل الرئيسي المتعطل، ومن خلال سلسلة من الأخطاء سيئة الحظ، التي قام بها الإنسان والروبوت، أصبحت سفينة الفضاء أمام خطر حقيقي الآن ولا يستطيع أحد أن يفكر في وسيلة لجعل ڤوييچر ـ 2 تعود إلى استخدام المستقبل الاحتياطي. وحتى إن حدث ذلك، فإن المستقبل الاحتياطي لن يقدر على استقبال الأوامر القادمة من الأرض ـ بسبب تعطل المكثف، وقد كان هناك العديد ممن يعملون في المشروع، الذين يخشون من أن يكون كل شيء قد ضاع.

وبعد أسبوع من عدم الاستجابة العنيد لجميع الأوامر، حظيت التعليمات الخاصة بالتحول الأوتوماتيكي بين المستقبلين بالقبول وتمت برمجتها داخل الكمبيوتر اللعوب الموجود على متن السفينة. وخلال الأسبوع نفسه، قام المهندسون في مختبر الدفع النفثي بتصميم تجربة مبتكرة للتحكم في أوامر التردد، للتأكد من أن المستقبل الاحتياطي المتعطل سوف يفهم الأوامر الجوهرية.

وقد أصبح المهندسون الآن قادرين على إعادة الاتصال، على الأقل بطريقة بدائية، بسفينة الفضاء، ومع الأسف، أصيب المستقبل الاحتياطي بحالة من الدوار، وأصبح شديد الحساسية تجاه الحرارة الشاردة التي تنطلق عند فتح أو إغلاق مختلف مكونات سفينة الفضاء وفي الشهور التالية، قام المهندسون بمختبر الدفع النفثي بتصميم وإدارة اختبارات جعلتهم يفهمون بعمق التورطات الحرارية لغالبية أنماط تشغيل سفينة الفضاء: ماذا يمنع أو يسمح باستقبال الأوامر القادمة من كوكب الأرض؟

وبهذه المعلومة أمكن تطويق مشكلة المستقبل الاحتياطي. وتسلم بالتالي

جميع الأوامر المرسلة من كوكب الأرض حول كيفية تجميع البيانات من منظومات المشتري وزحل وأورانوس. لقد أنقذ المهندسون المهمة. (وحتى نقف على الجانب الآمن، كانت توجد على جميع الكمبيوترات الموجودة على متن السفينة، خلال غالبية رحلات ڤوييچر ـ 2 التالية، متتالية أسمائية لتدوين البيانات للكوكب التالي الذي سيجري اللقاء معه ـ إذا ما أصيبت سفينة الفضاء بالصمم مرة أخرى إزاء التوسلات القادمة من الوطن).

وحدث عطل موجع آخر بعد ظهور ڤوييچر ـ 2 مباشرة من خلف كوكب زحل (كما نراها من كوكب الأرض) في أغسطس 1981. فقد كانت منصة المسح تتحرك بنشاط محموم ـ متوجهة هنا وهناك بين الحلقات والأقمار والكوكب نفسه أثناء كل اللحظات الوجيزة من الاقتراب الشديد ـ وفجأة تعطلت المنصة بسبب حركتها غير العادية إن توقف منصة المسح يعد مأزقا باعثا على الجنون: فنحن نعرف أن سفينة الفضاء تجول عبر عجائب لم ير لها مثيل على الإطلاق، وأننا لن نراها ثانية، لسنوات أو عقود، ومع هذا فهي تحدق بثبات دونما اهتمام في الفضاء متجاهلة كل شيء.

كانت منصة الإطلاق تدار عن طريق مشغل ميكانيكي يحتوي على سلسلة تروس، ولهذا قام المهندسون بمختبر الدفع النفثي في البداية بتشغيل نسخة مطابقة للمشغل الميكانيكي للسفينة خلال مهمة مماثلة زائفة في المختبر. وتعطل المشغل الميكانيكي بعد 348 دورة في المهمة الزائفة، في حين كان المشغل الميكانيكي للسفينة، في المهمة الحقيقية، قد تعطل بعد 352 دورة. المشكلة إذن أصبحت مشكلة تشحيم ـ من المفيد أن نعرف ـ ولكن ماذا نفعل حيال ذلك؟

من الواضح أنه يستحيل أن تلحق مزيتة بالسفينة ڤوييچر.

وتساءل المهندسون عما إذا كان بإمكانهم إعادة تشغيل المشغل الميكانيكي المعطوب عن طريق تناوب عمليتي التسخين والتبريد، فربما تستحث الضغوط الحرارية الناتجة عنهما مكونات المشغل الميكانيكي كي تتمدد وتنكمش بمعدلات مختلفة، ومن ثم تثبت المنصة وقد قاموا باختبار هذه الفكرة في مشغلات ميكانيكية صنعت خصيصا في المعمل، وكانت بهجتهم عظيمة عندما وجدوا أنهم بهذه الطريقة يستطيعون بدء توجيه منصة المسح مرة أخرى في الفضاء. كما قام طاقم المشروع أيضا بصميم وسائل تعمل على

التشخيص المبكر لأي اتجاه لفشل المشغل الميكانيكي مرة أخرى، بحيث يتمكنون من حل المشكلة في حينها. ومنذ ذلك الحين فصاعدا بدأت منصة المسح بسفينة الفضاء ڤوييچر ـ 2 عملها مرة أخرى بصورة مثالية، إن جميع الصور الملتقطة في منظومتي أورانوس ونبتون يدين وجودها إلى هذا العمل. لقد أنقذ المهندسون المهمة مرة أخرى.

صممت سفينتا الفضاء ڤوييچر ـ 1 وڤوييچر ـ 2 لاستكشاف منظومتي المشتري وزحل فقط. وفي الحقيقة أن مساريهما كانا قادرين على جعلهما تواصلان السير إلى أبعد من أورانوس ونبتون، ولكن من الناحية الرسمية، لم يكن هناك تفكير في استكشاف هذين الكوكبين من خلال ڤوييچر، فلم يكن مفترضا أن تستمر سفينتا الفضاء لمثل هذه الفترة الطويلة. وبسبب رغبتنا في التحليق بالقرب من ذلك العالم الغامض «تيتان» دفع كوكب زحل السفينة ڤوييچر ـ 1 إلى طريق لا يمكن أن تقابل فيه أي عالم معروف آخر؛ أما ڤوييچر ـ 2 فقد طارت بنجاح ساحق إلى كوكبي أورانوس ونبتون. وعند هذه المسافات الشاسعة يصبح ضوء الشمس تدريجيا أكثر قتامة، وتضعف تدريجيا إشارات الراديو المرسلة إلى كوكب الأرض. وهذه كلها أمور كان من الممكن توقعها، ولكن ظهرت مشكلات خطيرة جدا أخرى، وكان يجب على المهندسين والعلماء بمختبر الدفع النفثي إيجاد حلول لها أيضا.

ونتيجة لانخفاض مستويات الضوء عند كوكبي أورانوس ونبتون، كانت الكاميرات التلفزيونية للسفينة ڤوييچر مجبرة على استخدام فترة تعريض طويلة. ولكن سفينة الفضاء كانت تندفع بسرعة شديدة عبر منظومة أورانوس (حوالي 35 ألف ميل في الساعة) حتى أن الصورة كانت يمكن أن تغدو ملطخة أو مضببة، ولتعويض ذلك، كان ينبغي تحريك سفينة الفضاء بأكملها أثناء فترات تعريض الكاميرا، وذلك لإلغاء الحركة. ويماثل هذا الأمر تحركك في الاتجاه المضاد داخل عربة تتحرك عندما تريد التقاط صورة لمشهد في الشارع. وقد يبدو الأمر سهلا، ولكنه ليس كذلك: فعليك تحييد أبسط الحركات. وعندما تكون الجاذبية صفرا، فمجرد بدء وإيقاف جهاز التسجيل الموجود على متن السفينة يمكن أن يؤدي إلى اهتزاز السفينة بما قد ينجم عنه تلطخ الصورة.

وأمكن حل هذه المشكلة عن طريق إرسال أوامر للمحركات الصاروخية

الصغيرة (التي تسمى «الدافع» ـ Thruster) بالسفينة الفضائية وهذه المحركات عبارة عن ماكينات فائقة الحساسية. ومع نفث قليل من الغاز في البداية، وإيقاف كل متتالية أخذ بيانات، فإن هذه الدافعات تعوض الاهتزاز الناتج عن التسجيل وعن طريق تدوير سفينة الفضاء كلها بدرجة قليلة فحسب. ولمعالجة انخفاض قوة إرسال الراديو التي يتم استقبالها في كوكب الأرض، ابتكر المهندسون أسلوبا جديدا أكثر كفاءة لتسجيل وبث البيانات، وكانت التلسكوبات الراديوية على كوكب الأرض ترتبط إلكترونيا مع تلسكوبات راديوية أخرى لزيادة درجة حساسيتها وبشكل عام أصبح نظام التصوير يعمل بمعايير كثيرة، بصورة أفضل لدى وصول السفينة إلى أورانوس ونبتون مما كان عليه عند زحل أو حتى المشتري.

ربما لم تنته السفينتين ڤوييچر من استكشافاتهما بعد، وبطبيعة الحال، هناك احتمال حدوث أعطال ببعض الأنظمة الفرعية الحيوية. وعلى الرغم مما يسببه تآكل النشاط الاشعاعي لقوة مصدر البلوتونيوم من قلق فإن سفينتي الفضاء ڤوييچر يجب أن تستمرا في إرسال البيانات إلى كوكب الأرض حتى العام 2015.

إن كلا من السفينتين ڤوييچر كائن ذكي ـ نصفه روبوت ونصفه بشري. وهما تمدان الحواس البشرية إلى عوالم بعيدة. وبالنسبة للمهام البسيطة والمشكلات قصيرة المدى، فإن كلا من السفينتين ڤوييچر تعتمد على ذكائها؛ أما في المهام الأكثر تعقيدا والمشكلات الأطول مدى، فإنها تلجأ إلى ذكاء مهندسي مختبر الدفع النفثي وخبرتهم الجماعية. ومن المؤكد أن يتنامى هذا الاتجاه. إن سفينتي الفضاء ڤوييچر تجسدان تكنولوجيا أوائل السبعينيات، وإذا ما صممت سفن فضاء الآن لمثل هذه المهمة فإنها ستدمج أوجه التقدم المذهل في الذكاء الاصطناعي، والأجهزة صغيرة الحجم، وسرعة تشغيل البيانات، والقدرة على التشخيص والإصلاح الذاتي، والميل الطبيعي للتعلم من الخبرة. فضلا عن أنها ستكون أقل تكلفة بكثير.

في البيئات الكثيرة التي تشكل خطورة شديدة على البشر، سواء على كوكب الأرض أو في الفضاء، ينتمي المستقبل إلى مشاركات الروبوت والإنسان؛ وآنئذ سوف يعترف بالسفينتين ڤوييچر كسابقتين ورائدتين في هذا المجال، بل ومن رواده. وفيما يتعلق بالحوادث النووية، وكوارث المناجم

والاستكشاف والحفريات تحت البحر، والتصنيع، والتجوال بجوف البراكين، ومساعدة الأسرة على تحديد عدد قليل فحسب من التطبيقات المحتملة، فإنه في هذه الحالات جميعها وغيرها سيكون هناك فارق هائل بامتلاك فيلق متأهب من أجهزة الروبوت المحكمة المتحركة القابلة لتلقي الأوامر، والتي يمكنها تشخيص بل وإصلاح ما يحدث لوظائفها من أعطاب. ومن المرجح أن يوجد عدد هائل من هذا الفيلق في المستقبل القريب.

هناك حكمة تقليدية الآن، وهي أن كل ما تقيمه الحكومة سيكون كارثة. ولكن السفينتين ڤوييچر وجدتا عن طريق الحكومة (بمشاركة الأوساط الأكاديمية الأخرى). لقد كانت تكلفتهما مناسبة وصنعتا في الوقت المناسب، وقد تجاوزتا مواصفاتهما بدرجة هائلة، كما تجاوزتا أيضا الأحلام العزيزة لصناعهما. إن عملية البحث لا تعني السيطرة أو التهديد أو الجرح أو التدمير، فهذه الآلات الرشيقة تمثل الجانب الاستكشافي في طبيعتنا المحررة للتجول في المنظومة الشمسية وما وراءها. إن هذا النوع من التكنولوجيا، وما تكشف عنه من كنوز نفيسة متاحة بالمجان للبشر في كل مكان، كانت طوال العقود القليلة الماضية أحد أنشطة الولايات المتحدة القليلة التي حازت إعجاب أولئك الذين يمقتون الكثير من سياساتها، كما حازت إعجاب أولئك الذين يتفقون معها في كل قضية. وقد كلفت السفينتان ڤوييچر كل أمريكي ما يقل عن سنت (١/١٠٠ من الدولار) سنويا منذ انطلاقهما للقاء نبتون. إن بعثات الكواكب هي من بين أفضل الأشياء التي نقوم بها ـ وأعني هنا الجنس البشري كله وليس الولايات المتحدة وحدها.

7 من بين أقمار زحل

اجلس كالسلطان بين أقمار زحل.
هيرمان ميلفيل، موبي ديك

ثمة عالم، ذو حجم متوسط بين حجم القمر وحجم المريخ، هواؤه العلوي يموج بالكهرباء ـ التي تتدفق من الكوكب الرئيسي المجاور ذي الحلقات، حيث دثار السحب البني الدائم يشوبه لون برتقالي محروق غريب، وحيث تتساقط المادة الفعلية للحياة من السماء على السطح المجهول أسفلها. إنه بعيد جدا، حتى أن الضوء يستغرق أكثر من ساعة حتى يصل إليه من الشمس. أما سفينة الفضاء فتستغرق سنوات. وما يزال الكثير فيما يتعلق به غامضا ـ بما في ذلك ما إذا كان يشتمل على محيطات كبرى. ولكننا نعرف القليل الذي يكفي لإدراك أنه قد يكون مكانا تجرى عليه اليوم عمليات معينة، أدت عمليات مماثلة لها، على كوكب الأرض تمت على مدى دهور، إلى نشأة الحياة عليه.

وتجرى قدما على عالمنا تجربة قديمة العهد ـ وواعدة من جوانب عدة ـ عن تطور المادة. ولما كانت أقدم حفريات معروفة يرجع عمرها إلى 3,6 بليون سنة. فيتحتم بالطبع أن يعود أصل الحياة إلى ما قبل ذلك. ولكن الأرض، منذ 4,2 أو 4,3 بليون سنة، كانت خربة بفعل مراحل تكونها الأخيرة، ومن ثم لم تكن هناك إمكانية لوجود الحياة آنئذ:

فقد كانت هناك التصادمات الضخمة التي تؤدي إلى انصهار السطح، وتحول المحيطات إلى بخار وتدفع أي غلاف جوي متراكم منذ آخر تصادم، نحو الفضاء. إذن، منذ ما يقرب من أربعة بلايين من السنين، كانت هناك نافذة زمنية ضيقة بكل معنى الكلمة ـ ربما كان مداها مائة مليون سنة فحسب ـ جاء خلالها أسلافنا الأوائل إلى الوجود. وما إن سنحت الظروف، حتي نشأت الحياة بطريقة ما.

ومن المرجح بشدة أن أول كائنات حية كانت غير ملائمة، وكانت قدرتها تقل كثيرا عن أحط الميكروبات الموجودة اليوم ـ ربما كانت قادرة فقط على استنساخ نفسها بفجاجة. ولكن الانتخاب الطبيعي، النسق الرئيسي الذي كان تشارلز داروين أول من وصفه بشكل متماسك، هو أداة تلك القوة الضخمة التي تتيح نشوء كل الثراء والجمال للعالم البيولوجي من أكثر البدايات تواضعا.

كانت هذه الكائنات الحية الأولى مصنوعة من قطع، أو أجزاء، أو وحدات بنائية كان يتعين عليها أن تأتي للوجود وحدها ـ أي مدفوعة بقوانين الفيزياء والكيمياء إلى أرض بلا حياة. وهذه الوحدات البنائية لجميع أنماط الحياة على كوكب الأرض تسمى جزيئات عضوية، وهي جزيئات تعتمد على الكربون. ومن بين الأعداد الضخمة من الجزيئات العضوية المحتملة يستخدم القليل جدا منها في موقع القلب من الحياة. والنوعان الأكثر أهمية من بين هذه الجزيئات العضوية هما الأحماض الأمينية التي تشكل الوحدات البنائية للبروتينات، والقواعد النيوكلوتيدية، التي تشكل الوحدات البنائية للأحماض النووية.

من أين أتت هذه الجزيئات، قبل بدء الحياة مباشرة؟ لا يوجد سوى احتمالين: إما أنها أتت من الخارج أو من الداخل. نحن نعرف أن عددا هائلا من المذنبات والكويكبات السيارة كان يصطدم بالأرض، أكثر مما يحدث الآن، وأن هذه العوالم الصغيرة عبارة عن مخازن غنية بالجزيئات العضوية المركبة، وقد استطاع بعضها تجنب الاحتراق عند الاصطدام. إنني أصف هنا سلعا محلية التصنيع وليست مستوردة: لقد تولدت الجزيئات العضوية في هواء ومياه كوكب الأرض البدائي.

ونحن لا نعرف، مع الأسف، الكثير عن تركيب الهواء في ذلك الزمن

المبكر، فمن الأيسر بكثير تشكل الجزيئات العضوية في بعض الأغلفة الجوية عنها في الأغلفة الجوية الأخرى. ولما لم يكن بالإمكان وجود الكثير من الأكسجين، لأنه يتولد عن طريق النباتات الخضراء التي لم يكن أي منها موجودا عندئذ. فمن الأرجح أن كمية الهيدروجين كانت أكبر، لأن الهيدروجين متوافر بشدة في الكون، ويهرب من الغلاف الجوي لكوكب الأرض إلى الفضاء أفضل من أي ذرة أخرى (لأنه خفيف جدا). وإذا استطعنا تخيل مختلف الأغلفة الجوية المبكرة الممكنة، لأمكن عندئذ تكرارها في المعمل، ثم إمدادها ببعض الطاقة كي نعرف ما هي الجزيئات العضوية التي ستتكون وبأي كميات. ولقد أثبتت تجارب كهذه، عبر السنين، أنها مثيرة وواعدة. ولكن جهلنا بالظروف الأولية يحد من مدى صلة هذه التجارب بالموضوع محل البحث.

ما نحتاج إليه عالم حقيقي، ما يزال غلافه الجوي يحتفظ ببعض تلك الغازات الغنية بالهيدروجين، عالم مماثل لكوكب الأرض من جوانب أخرى عدة، عالم تتولد وحداته البنائية العضوية للحياة بغزارة في أيامنا هذه، ويمكننا الذهاب إليه بحثا عن بداياتنا. وهناك عالم واحد فقط من هذا النوع في المنظومة الشمسية [1]. إنه تيتان، ذلك القمر الكبير التابع لكوكب زحل، والذي يبلغ قطره حوالي 150 ,5 كيلومترا (3200 ميل)، أي ما يقل قليلا عن نصف حجم كوكب الأرض. ويستغرق القمر تيتان 16 يوما من أيامنا لإكمال دورة واحدة حول كوكب زحل.

ولا يوجد أي عالم يعد تكرارا مثاليا لعالم آخر. ويختلف تيتان عن كوكب الأرض، في مرحلته البدائية، في جانب واحد مهم على الأقل: إنه بعيد جدا عن الشمس، ولذا فسطحه شديد البرودة، يقل كثيرا عن نقطة تجمد الماء، أي حوالي °180 تحت الصفر المئوي. ولهذا، فبينما كان كوكب الأرض في فترة بداية الحياة، كان، كما هو الآن، مغطى لحد بعيد بالمحيطات، فإن تيتان لا يمكن أن يشتمل على محيطات من الماء السائل. (أما المحيطات المصنوعة من مادة أخرى فهي قصة مختلفة كما سنرى فيما بعد). ومع ذلك، فدرجات الحرارة المنخفضة لها ميزة، لأنه بمجرد أن يتم تركيب الجزيئات العضوية على تيتان، فإنها تميل إلى أن تبقى في مكانها: وكلما ارتفعت درجة الحرارة تسارع انقسام الجزيئات. إن الجزيئات التي كانت

تنهمر مثل المن من السماء عبر الأربعة بلايين سنة الماضية، ربما ما تزال موجودة هناك، كما هي دونما تبديل إلى حد كبير، ومجمدة بشدة، وتنتظر الكيميائيين من كوكب الأرض.

أدى اختراع التلسكوب في القرن السابع عشر إلى اكتشاف الكثير من العوالم الجديدة. وقد استطلع جاليليو، في العام 1610، وللمرة الأولى، أقمار المشتري الأربعة الكبيرة. وكانت تبدو كمنظومة شمسية صغيرة، حيث تدور الأقمار الصغيرة بسرعة حول المشتري مثلما تدور الكواكب ـ كما كان يعتقد كوبرنيكوس ـ حول الشمس. وكان ذلك بمنزلة ضربة أخرى لأنصار مركزية الأرض. وبعد مرور 45 سنة، اكتشف عالم الفيزياء النمساوي الشهير كريستيانوس هيجنز قمرا يتحرك حول كوكب زحل وأسماه تيتان [2]. كان نقطة من الضوء تبعد بليون ميل وتومض في ضوء الشمس المنعكس. ومنذ اكتشافه، عندما كان الأوروبيون الرجال يرتدون شعرا مستعارا مجعدا طويلا. وحتى الحرب العالمية الثانية، عندما قص الأمريكيون الرجال شعورهم إلى بضعة ملليمترات، لم يكتشف أي شيء تقريبا أكثر من ذلك عن تيتان، ما عدا حقيقة أن له لونا أسمر مصغرا لافتا للنظر. ومن حيث المبدأ، فإن التلسكوبات الأرضية تستطيع بالكاد تبين بعض التفاصيل المبهمة. وعند منعطف القرن العشرين، قدم عالم الفلك الأسباني ج كوماس سولا تقريرا عن دليل ضعيف غير مباشر حول وجود غلاف جوي لتيتان.

وبمعنى ما، فأنا كبرت مع تيتان. فقد كنت أعد أطروحة الدكتوراه بجامعة شيكاغو، تحت إشراف. چيرارد ب.كويبر، عالم الفلك الذي أكد اكتشاف وجود غلاف جوي للقمر تيتان. كان كويبر ألمانيا وامتدادا للخط الفكري الذي أسسه كريستيانوس هيجنز. وفي العام 1944، وعندما كان يجري تحليلا طيفيا لتيتان، وجد كويبر، مندهشا، الملامح الطيفية المميزة لغاز الميثان. وعندما أدار التلسكوب إلى تيتان، وجد علامة على وجود الميثان [3]. وعندما أداره بعيدا. اختفت علامة وجود الميثان. ولكن كان يفترض أن الأقمار ليس لديها أغلفة جوية ضخمة، وقمر كوكب الأرض ليس لديه بالتأكيد غلاف جوي. لقد أدرك كويبر أن تيتان بمقدوره الاحتفاظ بغلاف جوي، على الرغم من انخفاض جاذبيته عن جاذبية كوكب الأرض، وذلك لأن غلافه الجوي العلوي شديد البرودة. ولأن الجزيئات، ببساطة، لا

تتحرك بسرعة كافية تتيح لأعداد كبيرة منها اكتساب سرعة الهروب والتسلل نحو الفضاء.

وقد أوضح دانييل هاريس، أحد طلاب كويبر، بما لا يدع مجالا للشك أن تيتان أحمر اللون. وأننا ربما كنا ننظر إلى سطح صديء مثل المريخ. وإذا أردت أن تعرف المزيد حول تيتان، فإنه يمكنك أيضا قياس استقطاب ضوء الشمس المنعكس منه. فضوء الشمس العادي غير مستقطب. أما چوزيف ڤيڤيركا، الذي هو الآن عضو هيئة التدريس بجامعة كورنيل، فقد كان تلميذي بجامعة هارڤارد، ولذا يمكن القول بأنه طالب مرموق لكويبر. وفي أطروحته لنيل درجة الدكتوراه حوالي العام 1970، قام بقياس استقطاب تيتان ووجد أنه يتغير بتغير المواضيع النسبية له وللشمس وللأرض. ولكن التغير كان يختلف تماما عما يبديه القمر، مثلا، من تغير. وقد انتهى ڤيڤيركا إلى توافق طابع هذا التغير مع السحب واسعة الانتشار أو الضباب الرقيق فوق تيتان. فعندما كنا ننظر إليه من خلال التلسكوب، لم نكن نرى سطحه. ولم نكن نعرف أي شيء عن هذا السطح. ولم تكن لدينا فكرة عن بعد هذا السطح عن السحب.

وهكذا، ففي أوائل السبعينيات، وامتدادا لميراث هيجنز وخطه الفكري، استطعنا على الأقل أن نعرف أن لتيتان غلافا جويا كثيفا غنيا بالميثان، وأنه قد يكون مغلفا بحجاب من السحب المحمرة أو بضباب رقيق من الأيروسول. ترى، ما نوع هذه السحب ذات اللون الأحمر؟ وفي بداية أعوام السبعينيات، كنت أقوم بتجارب في جامعة كورنيل مع زميلي بيشون خير Khare. وفي هذه التجارب قمنا بمعالجة مختلف الأغلفة الجوية الغنية بالميثان بضوء الأشعة فوق البنفسجية أو بالاكترونات، وكنا نولد موادا صلبة حمراء اللون أو بنية؛ وكانت المادة الخام المكونة من هذه الأجسام الصلبة تكسو عادة الجدران الداخلية لأواني التفاعل. وقد بدا لي مايلي: إذا كان تيتان الغني بالميثان له سحب حمراء ـ بنية، فإن هذه السحب يمكن أن تشبه ما كنا نقوم بعمله في المعمل. وأسمينا هذه المادة ثولين، وفقا للكلمة اليونانية التي تعني «طيني». ولم يكن لدينا في البداية سوى فكرة بسيطة جدا عن مكونات هذه المادة. لقد كانت مزيجا عضويا متكونا عن طريق تكسير الجزيئات التي بدأنا بها، والسماح لذرات الكربون والهيدروجين والنيتروجين بإعادة

الاندماج مع الشظايا الجزيئية.

إن كلمة «عضوي» لا تحمل أي انتساب لأصل بيولوجي: فبعد استخدام كيميائي قديم، يعود تاريخه لأكثر من قرن، تصف كلمة عضوي، فحسب، مجرد الجزيئات المبنية من ذرات الكربون (فيما عدا البسيط جدا منها مثل أول أكسيد الكربون (CO) أو ثاني أكسيد الكربون (CO2). وما دامت الحياة على كوكب الأرض قائمة على جزيئات عضوية، وما دام الزمن قد امتد لفترة قبل وجود الحياة على كوكب الأرض، فلا بد أن عملية ما أدت إلى تكوين الجزيئات العضوية على كوكبنا قبل الفترة التي شهدت ظهور أول كائن حي. وأنا أقترح أن شيئا مشابها ربما يحدث الآن على تيتان.

إن الحدث الذي صنع عهدا جديدا في فهمنا لتيتان كان وصول سفينتي الفضاء ڤوييچر ـ 1 وڤوييچر ـ 2 في العامين 1980 و1981 إلى منظومة زحل. وقد كشفت أجهزة الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء والراديو عن الضغط ودرجة الحرارة في الغلاف الجوي ـ من السطح المختفي حتى حافة الفضاء. لقد عرفنا مدى ارتفاع السحب فوقه. ووجدنا أن الهواء على تيتان يتكون على الأخص من النيتروجين (N2)، مثلما هو الحال على الأرض اليوم. أما المكون المهم الآخر، كما اكتشف كويبر، فهو الميثان (CH4) ـ مادة البدء التي تتولد منها هناك الجزيئات العضوية القائمة على الكربون.

لقد وجدت مجموعة متنوعة من الجزيئات العضوية البسيطة على صورة غازات وهي في الغالب الهيدروكربونات والنيتريلات. والمادة الأكثر تعقيدا من بين هذه المواد تتكون من 4 ذرات (كربون و/أو نيتروجين) ثقيلة. والهيدروكربونات هي جزيئات تتكون من ذرات كربون وهيدروجين فقط، وهي مألوفة بالنسبة لنا كغاز طبيعي، ونفط، وشحوم (وهي تختلف تماما عن الكربوهيدرات، مثل السكريات والنشا، التي تشتمل أيضا على ذرات أكسجين). أما النيتريلات، فهي جزيئات تضم ذرة كربون وذرة نيتروجين مرتبطتين بطريقة خاصة. وأفضل نيتريل معروف هو سيانيد الهيدروجين (HCN)، وهو غاز مميت للإنسان. ولكن سيانيد الهيدروجين له ضلع في الخطوات التي أدت إلى بداية الحياة.

إن اكتشاف هذه الجزيئات العضوية البسيطة في الغلاف الجوي العلوي لتيتان ـ حتى وإن كانت موجودة في جزء من المليون أو البليون فحسب ـ يثير

الاهتمام. هل الغلاف الجوي لكوكب الأرض، في مرحلته البدائية، كان مماثلا؟ يوجد لدى تيتان هواء يزيد 10 مرات عن الهواء الموجود على كوكب الأرض اليوم، ولكن كوكب الأرض في مرحلته البدائية ربما كان يمتلك على نحو مبرر غلافا جويا أكثر كثافة.

علاوة على ذلك، اكتشفت ڤوييچر منطقة واسعة الانتشار من الالكترونات والبروتونات النشطة تطوق كوكب زحل، وهي واقعة في شرك المجال المغناطيسي للكوكب. وفي سياق حركته المدارية حول زحل، يتمايل تيتان للداخل والخارج من جراء هذا الغلاف المغناطيسي. وتسقط على الهواء العلوي له حزم من الالكترونات (بالإضافة إلى ضوء الأشعة الشمسية فوق البنفسجية)، تماما كالجزيئات المشحونة (بالإضافة إلى ضوء الأشعة الشمسية فوق البنفسجية) التي كانت محصورة بفعل الغلاف الجوي لكوكب الأرض في مرحلته البدائية.

ومن هنا، فمن الطبيعي التفكير في معالجة خليط مناسب من النيتروجين والميثان بالضوء فوق البنفسجي أو الالكترونات عند ضغوط شديدة الانخفاض، لكن نكتشف ما يمكن أن تفعله الجزيئات الأكثر تعقيدا. فهل يمكننا محاكاة ما يحدث في الغلاف الجوي العلوي لتيتان؟ في معملنا بجامعة كورنيل، قمت مع زميلي د.ريد طومسون ـ الذي يلعب دورا رئيسيا في البحث ـ بمحاكاة صنع تيتان لغازاته العضوية. إن أبسط الهيدروكربونات على تيتان مصنوعة من ضوء فوق بنفسجي من الشمس. أما بالنسبة لباقي المنتجات الغازية الأخرى فإن الغازات المصنوعة بيسر من الالكترونات في المعمل تماثل تلك الغازات التي اكتشفتها ڤوييچر على تيتان، وبالسبب نفسه، والتناظر واحدا لواحد. أما الغازات الأخرى المتوافرة بدرجة أكبر تلك التي وجدناها في المعمل، فسيجري البحث عنها في الأبحاث المقبلة المتعلقة بتيتان. إن أكثر الغازات العضوية تعقيدا التي صنعناها كانت تتكون من 6 أو 7 ذرات كربون و/أو نيتروجين. وهذه الجزيئات الناتجة كانت في طريقها إلى تكوين الثولينات.

لقد كنا نأمل في تغير للمناخ مع اقتراب ڤوييچر ـ 1 من تيتان. وبعد مسافة طويلة، ظهرت السفينة كقرص بالغ الصغر، ومع مزيد من الاقتراب، امتلأ مجال رؤية الكاميرا بصورة منطقة صغيرة من تيتان. ولو كان الضباب

الرقيق والسحاب قد انقشع، حتى ولو لأميال قليلة فحسب، لرأينا، عند مسح القرص شيئا من سطحه المختفي. ولكن لم تظهر أي إشارة على انقشاع السحب. فياله من عالم مغلق على نفسه. لا يعرف أحد على كوكب الأرض ماذا يوجد على سطحه. وأي مراقب، ينظر عبر الضوء المرئي العادي، لن تكون لديه أي فكرة عن الأمجاد التي تنتظر اختراق الضباب ومشاهدة زحل وحلقاته الرائعة.

ومن قياسات السفينة ڤوييچر، عن طريق مرصد الكاشف الدولي للأشعة فوق البنفسجية في مدار كوكب الأرض، ومن التلسكوبات الأرضية، نعرف الكثير عن جزيئات الضباب البرتقالية ـ البنية التي تخفي السطح: ترى، ما ألوان الضوء التي تمتصها؟ وما الألوان التي تسمح لها بالمرور خلالها؟ وما مدى ما تحدث من انحناء للضوء الذي يمر خلالها؟ وما مدى كبر أحجامها؟ (تصل أحجامها، في الغالب، إلى حجم جزيئات دخان السيجارة). إن «الخصائص البصرية» سوف تعتمد، بالطبع، على تكوين جزيئات الضباب.

وبالتعاون مع إدوارد أراكاوا، من مختبر أوك ريدچ القومي في تينيسّي، قمت مع خير بقياس الخصائص البصرية لثولين تيتان. وقد تبين أنها حلقة ميتة بالنسبة لضباب تيتان الحقيقي. ولا توجد أي مادة أخرى، معدنية كانت أم عضوية، تتلاءم مع الثوابت البصرية لتيتان، ولذا، يمكن الزعم، إلى حد كبير، أننا استطعنا أن نحصر ضباب تيتان ـ المتشكل عاليا في غلافه الجوي، والآخذ في الهبوط والتراكم بكميات غزيرة على سطحه. ترى مما تتكون هذه المادة؟

يصعب معرفة التركيب الدقيق لمادة صلبة عضوية معقدة. فعلى سبيل المثال، كيمياء الفحم غير مفهومة بالكامل حتى الآن، برغم الحافز الاقتصادي قديم العهد. ولكننا اكتشفنا شيئا ما عن ثولين تيتان، إنه يشتمل على كثير من الوحدات البنائية الأساسية للحياة على الأرض. فإذا أسقطنا ثولين تيتان في الماء، يتكون نتيجة لذلك عدد كبير من الأحماض الأمينية، وهي المكونات الأساسية للبروتينات، فضلا عن تكون القواعد النيوكلوتيدية وهي الوحدات البنائية «للدنا» (DNA) و«الرنا» (RNA). وتنتشر بعض الأحماض الأمينية المتكونة على هذا النحو على نطاق واسع في الكائنات الحية على كوكب الأرض. أما البعض الآخر، فهو من نوع مختلف تماما. وتوجد أيضا

مجموعة غنية من جزيئات عضوية أخرى، بعضها وثيق الصلة بالحياة وبعضها الآخر لا يرتبط بها. وخلال الأربعة بلايين سنة الماضية ترسبت كميات ضخمة من الجزيئات العضوية من الغلاف الجوي على سطح تيتان. وإذا كانت جميعها متجمدة بشدة وغير متغيرة خلال الدهور الفاصلة، فإن سمك الكمية المتراكمة ينبغي أن يصل إلى عشرات الأمتار (مائة قدم) على الأقل؛ وتذهب أقصى التقديرات إلى أن السمك يصل إلى كيلومتر.

عند 180 مئوية تحت درجة تجمد الماء، قد تعتقد بحق أن الأحماض الأمينية لن توجد على الإطلاق. إن سقوط الثولينات في الماء قد يرتبط ارتباطا وثيقا بكوكب الأرض في مرحلته البدائية، ولكنه لا يرتبط، كما قد يبدو، على صلة وثيقة بتيتان. ومع كل، فإن المذنبات والكويكبات السيارة لا بد أن تتحطم أحيانا عند سطح تيتان. (وقد أوضحت أقمار زحل الأخرى القريبة وفرة من فوهات التصادم، فضلا عن أن غلاف تيتان الجوي ليس سميكا بالقدر الكافي لمنع وصول الأشياء الكبيرة عالية السرعة إلى السطح). وعلى الرغم من أننا لم نر أبدا سطح تيتان، فإن العلماء، مع ذلك، يعرفون بعض الشيء عن تكوينه. فمتوسط كثافته بين كثافة الجليد وكثافة الصخور. وفيما يبدو أنه يشتمل على كليهما. فالجليد والصخور موجودان بوفرة على العوالم القريبة، بل إن بعض هذه العوالم مصنوع من جليد نقي تقريبا. وإذا كان لتيتان سطح جليدي، فإن أي اصطدام مذنبي عالي السرعة سوف يذيب الجليد مؤقتا. وقد قدرنا، أنا وطومسون، أن أي نقطة مفترضة على سطح تيتان لديها فرصة أفضل من 50٪ لذوبان الجليد مرة، بمتوسط فترة عمر للثلج المنصهر والثلج نصف المنصهر المختلط بالطين بفعل التصادم تصل إلى ألف سنة تقريبا.

وهذا ينقلنا إلى قصة مختلفة تماما. إذ يبدو أن أصل الحياة على كوكب الأرض يرجع إلى المحيطات وبرك المياه الجارية الضحلة. فالحياة على كوكب الأرض مصنوعة في الغالب من الماء، الذي يلعب دورا فيزيائيا وكيميائيا جوهريا، ويصعب علينا بطبيعة الحال، ونحن كائنات مجنونة بالماء، أن نتخيل الحياة من دون الماء. وإذا كانت بداية الحياة على كوكب الأرض قد تطلبت أقل من مائة مليون سنة، فهل هناك أي فرصة لأن تتطلب ألف سنة على تيتان؟ فمع وجود الثولينات المخلوطة بالماء السائل ـ حتى ولو لألف

سنـة فقـط ـ قـد يصبـح سطـح تيـتان أسـرع توجها نحو بداية الحياة عما تصورنا.

وعلى الرغم من ذلك، فإننا نحتضن بحنو المعلومات الضئيلة عن تيتان. وقد اتضح لي ذلك وبشدة في ندوة علمية حول تيتان انعقدت في تولوز بفرنسا، ومولتها وكالة الفضاء الأوروبية. وبينما يستحيل وجود محيطات من الماء السائل على تيتان، فإن وجود محيطات من الهيدروكربون السائل غير مستحيل، ومن المتوقع ألا توجد سحب من الميثان (CH4)، وهو من أكثر الهيدروكربونات وفرة، بعيدا فوق السطح. أما الإيثان (C2H6)، وهو ثاني هيدروكربون من حيث الغزارة، فلا بد أن يتكثف على السطح بالطريقة نفسها التي يتحول بخار الماء من خلالها إلى سائل قرب سطح كوكب الأرض، حيث تكون درجة الحرارة، على وجه العموم، بين نقطتي التجمد والذوبان. وكان ينبغي أن تتراكم محيطات شاسعة من الهيدروكربونات السائلة على مدار فترة حياة تيتان. وربما تقع هذه المحيطات أسفل الضباب الرقيق والسحب. ولكن ذلك لا يعني أن الوصول إليها يتعذر علينا تماما ـ لأن موجات الراديو تخترق بسهولة الغلاف الجوي لتيتان وجزيئاته الدقيقة المعلقة، التي تتساقط ببطء.

وفي تولوز، وصف لنا دوان أو موهليمان الباحث بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا الفذة شديدة الصعوبة المتعلقة بإرسال مجموعة من نبضات الراديو، من تلسكوب راديوي في صحراء موجاف بكاليفورنيا، وحتى وصولها إلى تيتان مخترقة الضباب الرقيق والسحاب إلى سطحه وانعكاسها مرة أخرى للفضاء، ثم عودتها لكوكب الأرض. وهنا استطاعت مجموعة من التلسكوبات الراديوية، تقع بالقرب من سوكورو في نيومكسيكو، التقاط الإشارة المضعفة جدا. هذا عظيم. إذا كان لتيتان سطح صخري أو جليدي. فينبغي إذن أن نتبين أي نبضة رادار منعكسة من على سطحه. أما إذا كان تيتان مغطى بمحيطات هيدروكربونية، فلن يرى موهليمان أي شيء: الهيدروكربونات السائلة لونها أسود بالنسبة لموجات الراديو هذه وعندئذ لن يرجع أي صدى إلى كوكب الأرض. والواقع أن منظومة موهليمان الرادارية العملاقة تدرك الانعكاس عندما تدور بعض خطوط طول تيتان تجاه كوكب الأرض وليس تجاه أي خطوط طول أخرى. حسنا، يمكنك القول إذن إن

هناك محيطات وقارات على تيتان، وإن إحدى القارات هي التي عكست الإشارات مرة أخرى إلى كوكب الأرض. أما إذا كان تيتان يماثل، في هذا الصدد، كوكب الأرض ـ بالنسبة لبعض دوائر خطوط الطول (خلال أوروبا وأفريقيا مثلا(القارية في الغالب، وبالنسبة للبعض الآخر (عبر المحيط الهادي المركزي مثلا) المحيطية في الغالب ـ فلا بد أن نواجه مشكلة أخرى:

مدار تيتان حول زحل ليس دائرة تامة، بل مكبوس بصورة لافتة للنظر، وإذا كان لدى تيتان محيطات شاسعة، فإن كوكب زحل العملاق، الذي يدور القمر تيتان في مدار حوله، سوف يزيد من قوة المد والجزر على تيتان، وسوف يؤدي الاحتكاك المدى الجزري الناتج إلى استدارة مدار تيتان في فترة تقل كثيرا عن عمر المنظومة الشمسية. وفي العام 1982، قدمت ومعي ستانلي ديرمونت، بجامعة كاليفورنيا الآن، ورقة علمية بعنوان «المد والجزر في بحار تيتان»، حاولنا فيها أن نبرهن على أن تيتان، لهذا السبب، هو عالم كله محيطات أو كله أراض وبخلاف ذلك، سيتخذ الاحتكاك المدى الجزري مسار عبوره بالأماكن التي يكون فيها المحيط ضحلا. وقد يسمح هذا بوجود بحيرات وجزر، ولكن وجود أي شيء آخر سوف يعني اختلاف مدار تيتان تماما عن المدار الذي نراه.

لدينا إذن ثلاث خلاصات علمية ـ واحدة تنتهي إلى أن هذا العالم مغطى بالكامل تقريبا بمحيطات هيدروكربونية، والثانية تستنتج أنه خليط من القارات والمحيطات، أما الثالثة فتطلب منا الاختيار مع الإشارة إلى عدم إمكانية اشتمال تيتان على محيطات شاسعة أو قارات شاسعة في الوقت ذاته. ومن المثير أن نعرف ماذا ستسفر عنه الإجابة في النهاية.

إن ما رويته لكم حتى الآن يمثل نوعا من التقرير حول التقدم العلمي. وربما تظهر في الغد اكتشافات جديدة توضح هذه الألغاز والتناقضات. وقد يوجد خطأ ما في نتائج رادار موهليمان، رغم صعوبة تبين طبيعة هذا الخطأ: فمنظومته الرادارية تخبره أنه يرى تيتان عندما يقع في أقرب نقطة، أي عندما يتحتم أن يراه. وقد يكون خطأ في حساباتنا أنا وديرموت حول التطور المدى الجزري لمدار تيتان، ولكن أحدا لم يقدر على اكتشاف الأخطاء حتى الآن. ومن الصعب معرفة كيف يتجنب الإيثان التكثف على

سطح تيتان. وربما شهدت الكيمياء تغيرات على الرغم من انخفاض درجات الحرارة عبر بلايين السنين، وربما أدى تضافرها لبعض المذنبات المدمجة من السماء مع البراكين، أو غيرها من الأحداث التكتونية، إضافة إلى مساعدة الأشعة الكونية، ربما أدى هذا إلى تجمد الهيدروكربونات السائلة، محولا إياها إلى مادة صلبة عضوية معقدة، هي التي تعكس موجات الراديو إلى الفضاء مرة أخرى، أو ربما كان هناك شيء ما عاكس لموجات الراديو، يطفو على سطح المحيط. ولكن الهيدروكربونات السائلة أقل كثافة بكثير: كل مادة صلبة عضوية معروفة، ما عدا الخفيف منها بدرجة كبيرة، كانت ستغرق مثل حجر في بحار تيتان.

ونتساءل أنا وديرموت: هل عندما تخيلنا القارات والمحيطات على تيتان كنا متأثرين أكثر مما ينبغي بخبرتنا عن عالمنا، أم كان تفكيرنا شديد الشوفينية تجاه كوكب الأرض؟ إن المناطق المهشمة ذات الفوهات والأحواض المتوافرة الناجمة عن التصادمات، تغطي الأقمار الأخرى في منظومة زحل. وإذا التقطنا صورة للهيدروكربونات السائلة وهي تتراكم ببطء على أحد هذه العوالم، فإننا لن ننتهي عند المحيطات الشاملة، وإنما عند فوهات ضخمة معزولة مليئة بالهيدروكربونات السائلة، وإن كانت لا تصل إلى حد الحافة. وكثير من بحار النفط الدائرية، التي يزيد بعضها عن مائة ميل، قد تكون متناثرة عبر السطح ـ ولكن لن تستحث موجات يمكن إدراكها عن طريق زحل البعيد؛ ومن الطبيعي ألا نعتقد في وجود سفن، أو سباحين، أو راكبي أمواج أو صيادي أسماك. فالاحتكاك المدى الجزري ينبغي، كما نقدر، أن يكون مهملا في هذه الحالة، ولا يصبح مدار تيتان البيضاوي المتمدد دائريا على هذا النحو. ولن نتأكد من معرفة هذا قبل أن نبدأ في الحصول على صور رادارية، أو صور للسطح بالأشعة تحت الحمراء القريبة. ولكن حل معضلتنا ربما يكمن فيما يلي: تيتان عالم يضم بحيرات هيدروكربونية دائرية كبيرة، يقع غالبيتها على بعض خطوط الطول بدرجة أكبر من غيرها.

هل نتوقع وجود سطح جليدي مغطى برواسب عميقة من الثولين، ومحيطا من الهيدروكربونات مصحوبا، على أبعد تقدير، بعدد قليل من الجزر العضوية القشرية، التي تبرز هنا وهناك، وعالما من بحيرات الفوهات، أم نتوقع شيئا

أكثر رقة لم نحدده بعد؟ لا يعد هذا سؤالا أكاديميا تماما، لأن هناك سفينة فضاء حقيقية يجري تصميمها للسفر إلى تيتان. ففي برنامج مشترك بين «ناسا» ووكالة الفضاء الأوروبية، سيتم إطلاق سفينة فضاء، باسم كاسيني، في أكتوبر 1997 ـ إذا ما سارت الأمور سيرا حسنا. وبعد رحلتين للطيران بالقرب من الزهرة، في إحداهما تستمد عون الجاذبية من الأرض وفي الأخرى تستمدها من المشتري، سوف تدخل السفينة، بعد 7 سنوات، إلى مدار حول زحل. وفي كل مرة تقترب فيها السفينة من تيتان، ستجرى دراسة للقمر باستخدام مجموعة من الأدوات، من بينها رادار. ولأن كاسيني ستكون قريبة جدا من تيتان، فإنها سوف تصبح قادرة على حل الكثير من التفاصيل عن سطحه الذي يصعب كشفه من خلال منظومة موهليمان الأرضية الرائدة. ومن المرجح أيضا أن يرى السطح بالأشعة تحت الحمراء القريبة. إن خرائط سطح تيتان المختفي ربما تكون في أيدينا في فترة ما من صيف العام 2004.

تحمل سفينة الفضاء كاسيني أيضا مجسا للدخول يحمل اسم العالم الكبير هيجنز، وسوف يفصل نفسه عن السفينة الرئيسية ويهبط عموديا داخل الغلاف الجوي لتيتان. وسوف تنفرد مظلة ضخمة. أما طرد الأدوات فسوف يُنزل ببطء من خلال الضباب الرقيق العضوي إلى الغلاف الجوي الأدنى عبر سحب الميثان. وسوف يقوم بدراسة الكيمياء العضوية بعد نزوله ـ إذا ما اجتاز عملية الهبوط ـ على سطح هذا العالم.

لا ضمان لأي شيء، ولكن المهمة ممكنة التحقق تكنولوجيا، فالأدوات المعدنية جاري بناؤها، وهناك مجموعة ممتازة من المتخصصين، بما فيهم عدد من العلماء الأوروبيين الشباب، تعمل بجدية في هذا الإطار، وجميع الأمم المسؤولة عن المشروع تبدو ملتزمة به. ربما سيتحقق المشروع. ربما سيرسل عبر البليون ميل الفاصلة من الفضاء الواقع بين الكواكب، وفي المستقبل غير البعيد جدا، أخبارا حول مدى ما قطعه تيتان من مشواره نحو الحياة.

8 أول كوكب جديد

قبل أن نخترع الحضارة، عاش أسلافنا، في أغلب الأحوال، في الخلاء تحت السماء. وقبل أن نبتكر الأضواء الاصطناعية، والتلوث الجوي والأشكال الحديثة من التسلية الليلية، كنا نراقب النجوم. وكانت هناك بالطبع أسباب عملية تتعلق بالتقويم، ولكن أسبابا أخرى أكبر من ذلك كانت موجودة أيضا. وحتى في يومنا هذا، فإن أكثر المدن ازدحاما بالسكان يمكن، على غير المتوقع، أن تشهد سماء ليلية صافية مرصعة بآلاف النجوم المتلألئة. ومازالت أنفاسي تحتبس، بعد كل هذه السنوات، عندما يحدث لي هذا.

في كل ثقافة، نجد السماء والدافع الديني مجدولين معا، إنني أستلقي على ظهري في حقل مفتوح، تحيط بي السماء. ويهزمني اتساعها ومداها. إن اتساعها الشديد وبعدها الكبير يجعلان من عدم أهميتي أمرا محسوسا. ولكني لا أشعر أن السماء ترفضني. فأنا جزء منها ـ ضئيل، بلاشك، ولكن كل شيء يبدو ضئيلا مقارنة بتلك الضخامة الكاسحة. وعندما أركز تفكيري في النجوم والكواكب وحركاتهما، أشعر بإحساس لا يقاوم بالآلية، بانضباط يماثل عمل الساعة، وبدقة

أتوسل إليك ألا تأمل في أن تتمكن من إعطاء أسباب لوجود هذا العدد من الكواكب، فهل تفعل ذلك؟ لقد انقضى هذا القلق...

جوهانز كبلر

خلاصة علم الفلك لكوبرنيكوس

رائعة تعمل بمقياس يقزمنا ويقهرنا، مهما كان مدى شموخ طموحاتنا.

إن غالبية المخترعات الكبرى في تاريخ البشرية- من الأدوات الحجرية واستئناس النار إلى اللغة المكتوبة- صنعت على أيدي خيرين غير معروفين. وذاكرتنا المؤسسية لأحداث الماضي البعيد تتسم بالضعف. إننا لا نعرف اسم ذلك السلف الذي كان أول من لاحظ أن الكواكب تختلف عن النجوم. وربما أنه، أو أنها، قد عاش، أو عاشت، منذ عشرات، وربما حتى المئات أو الآلاف من السنين. ولكن الناس في أنحاء العالم كافة أدركوا، عمليا، أن خمسا فقط، لا أكثر، من نقاط الضوء اللامعة التي تزين سماء الليل، تحطم الاتساق مع الآخرين عبر فترة تصل إلى شهور، وتتحرك على نحو غريب- كما لو أن لها عقلا خاصا بها.

لقد كان الشمس والقمر يشتركان في تلك الحركة الغريبة الواضحة لهذه الكواكب، مستكملين بذلك سبعة أجسام في حالة تجوال. وكان هؤلاء السبعة يشكلون أهمية بالنسبة لأسلافنا القدماء، الذين أطلقوا عليهم أسماء الآلهة- ليس مجرد بعض قدماء الآلهة، وإنما الآلهة الأساسية، الرئيسية، الآلهة التي تعلم الآلهة الأخرى (والموتى) ماذا تفعل. وأحد هذه الكواكب، الذي يتسم بلمعانه وحركته البطيئة أسماه البابليون على اسم ماردوك، وأسماه الإسكندنافيون على اسم أودين، وأسماه اليونانيون على اسم زيوس، وأسماه الرومان على اسم چوبيتر (المشتري)- أي اسم ملك الآلهة، في كل حالة. أما الكوكب الباهت، سريع الحركة، الذي لم يكن أبدا بعيدا عن الشمس، فقد أسماه الرومان ميركوري (عطارد) على اسم رسول الآلهة. وأكثر الكواكب لمعانا، اسموه ڤينوس (الزهرة)، على اسم إلهة الحب والجمال. أما الكوكب الأحمر كالدم، فأسموه مارس (المريخ) على اسم إله الحرب. وأكثر كواكب المجموعة كسلا أسموه ساترن (زحل) على اسم إله الزمن. لقد كانت هذه الاستعارات والتلميحات الضمنية أفضل ما كان يقدر أسلافنا على عمله: لم يكن بحوزتهم أي أدوات علمية غير العين المجردة، وكانوا محصورين في كوكب الأرض ولم يكن لديهم أي فكرة أنه يعد كوكبا [1] هو الآخر.

وعندما حان أوان تنظيم الأسبوع- وهو فترة من الوقت تختلف عن اليوم والشهر والسنة وليس لها دلالة فلكية جوهرية- تحدد بسبعة أيام،

وسمي كل يوم منها باسم أحد الأضواء السبعة الغريبة (أي المواكب المضيئة) في سماء الليل. ونستطيع أن نكتشف بسهولة بقايا هذا العرف: باللغة الإنجليزية، Saturday (السبت) هو يوم زحل، وSanday (الأحد) وMo[o]nday (الاثنين) واضحين بما يكفي. ومن يوم Tuesday (الثلاثاء) وحتى Friday (الجمعة)، سميت الأيام وفقا لأسماء الآلهة السكسونيين وعشيرة الغزاة التوتونيين في بريطانيا السلتية/ الرومانية: فيوم الأربعاء على سبيل المثال هو يوم أودين (أو وودين)، ويبدو أكثر وضوحا إذا نطقناه بالإنجليزية (Wedn's Day) كما يُتهجى. أما يوم الخميس (Thursday) فهو يوم ثور، والجمعة (Friday) فهو يوم فريبيا إلهة الحب. وظل آخر أيام الأسبوع رومانيا، أما باقي الأيام فقد أصبحت ألمانية.

في جميع لغات الرومانسية [2]، مثل الفرنسية والإسبانية والإيطالية، ماتزال الرابطة أكثر وضوحا، لأنها جميعا مشتقة من اللغة اللاتينية القديمة التي سميت بها أيام الاسبوع (بالترتيب بدءا من يوم الأحد) نسبة إلى الشمس، والقمر، والمريخ، وعطارد، والمشتري، والزهرة، وزحل. (وقد أصبح يوم الشمســ Sunday ـ هو يوم الإله). وكان من الممكن إطلاق أسماء الأيام وفقا لترتيب لمعان الأجسام الفلكية المناظرةـ الشمس، القمر، الزهرة، المشتري، المريخ، زحل، عطارد (أي الأحد، الإثنين، الجمعة، الخميس، الثلاثاء، السبت، الأربعاء) ـ لكنهم لم يفعلوا ذلك. أما لو كان الترتيب، في اللغات الرومانسية، قائما على أساس البعد عن الشمس، لأصبحت المتتابعة تصبح: الأحد، الأربعاء، الجمعة، الإثنين، الثلاثاء، الخميس، السبت، لم يكن أحد يعرف ترتيب الكواكب عندما قمنا بتسمية الكواكب والآلهة وأيام الأسبوع. ويبدو ترتيب أيام الأسبوع اعتباطيا، على الرغم من إقراره بأولوية الشمس.

إن هذه المجموعة من الآلهة السبعة، والأيام السبعة، والعوالم السبعةـ الشمس، والقمر، والكواكب السيارة الخمسةـ دخلت إلى حيز إدراك الناس في كل مكان. وبدأ العدد 7 يكتسب دلالات خارقة للطبيعة. كان هناك سبع «سماوات»، الأغلفة الدائرية الشفافة، المتركزة حول كوكب الأرض، والتي كان من المتخيل أنها تجعل هذه العوالم تتحرك. وكانت السماء السابعة هي الأكثر بعداـ حيث تسكن النجوم «الثابتة»، كما كان متخيلا. وهناك سبعة أيام للخلق: وهناك سبع فتحات للرأس، وسبع فضائل والخطايا السبع

الميتة، والشياطين السبعة الشريرة في الأسطورة السومرية، والحروف المتحركة السبعة في الألفباء اليونانية (ينتسب كل منهم إلى إله كوكبي)، وهناك حكام المصير السبعة، وفقا للسحرة، وهناك الكتب العظمى السبعة للعقيدة المانوية، والقرابين السبعة، والحكماء السبعة لليونان القديمة و«الأجسام» الكيميائية السبعة (الذهب، والفضة، والحديد، والزئبق، والرصاص، والقصدير والنحاس- الذهب مايزال مقرنا بالشمس. والفضة بالقمر، والحديد بالمريخ... إلخ). والابن السابع للابن السابع يمنح القوة الخارقة. وسبعة، وهو رقم «حظ». وفي كتاب العهد الجديد، في سفر الرؤيا، ويفتح السفر وتفك ختومه السبعة، وينفخ في سبعة أبواق، وتملأ سبعة كؤوس. ويجادل القديس أوغسطين بإبهام مؤكدا الأهمية الخفية للرقم 7، على أساس أن الرقم 3 «هو أول عدد كلي فردي» (ماذا عن الرقم 1؟)، و«الرقم 4 هو أول عدد زوجي» (ماذا عن الرقم 2؟)، و«منهما... يتكون الرقم 7). وهكذا. وحتى في أيامنا هذه، ماتزال هذه الروابط قائمة.

حتى وجود توابع المشتري الأربعة الذين اكتشفهم جاليليو- وهم بالكاد كواكب- أنكر تأسيسا على ما في ذلك من تحد لأسبقية الرقم 7. ومع تعاظم قبول نظام كوبرنيكوس، أضيفت الأرض إلى قائمة الكواكب واستبعدت الشمس والقمر. ومن ثم بدا أن هناك 6 كواكب فقط (عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ، والمشتري، وزحل). ولهذا لفقت حجج أكاديمية علمية لتوضيح حتمية وجود 6 كواكب. فعلى سبيل المثال، العدد 6 هو أول عدد «تام»، أي مساو لمجموع قواسمه (1 + 2 + 3)، وهو المطلوب إثباته. وأيام الخلق، على أي حال، ستة أيام وليست سبعة 7. وقد وجد الناس سبلا لتغيير عدد الكواكب من سبعة إلى ستة.

وبقدر هذه البراعة في تكييف النزعة الصوفية لدراسة الأعداد السحرية أو التنجيمية مع نظام كوبرنيكوس، فقد انتقل أسلوب الأهواء الذاتية في التفكير هذا من الكواكب إلى الأقمار. فكوكب الأرض له قمر واحد، والمشتري له أربعة أقمار جاليليوية، مما يجعل المجموع 5. وهذا يعني بوضوح نقص عدد (فلا تنس أن الرقم 6 هو أول عدد تام). وعندما اكتشف هيجنز تيتان العام 1655، اقنع نفسه ومعه كثيرون أنه القمر الأخير: 6 كواكب و6 أقمار والله في سمائه.

ويشير مؤرخ العلوم ي. برنارد كوهين، بجامعة هارفارد، إلى أن هيجنز قد هجر بالفعل عملية البحث عن أقمار أخرى، لأنه كان واضحا من تلك المجادلات، أنه لا يوجد المزيد مما يستوجب البحث عنه. ومن المفارقات العجيبة، وبعد مرور 16 سنة، وفي وجود هيجنز، اكتشف ج. د. كاسيني [3]، من مرصد باريس، قمرا سابعا ـ لابيتوس، وهو من العوالم الغريبة، فنصفه أسود والنصف الآخر أبيض ويدور في مدار خارجي بالنسبة لمدار تيتان. وبعد ذلك بفترة قصيرة، اكتشف كاسيني القمر ريا، وهو أيضا من أقمار زحل ويدور في مدار داخلي بالنسبة لمدار تيتان.

وهنا أتت فرصة أخرى لنزعة دراسة الأعداد السحرية أو التنجيمية، ولكنها ترتبط هذه المرة بالمهمة العملية للحماة المداهنين. قام كاسيني بإضافة عدد الكواكب وهو (6) إلى عدد التوابع وهو (8) وحصل على مجموع 14. وما حدث أن الرجل الذي بنى لكاسيني مرصده ودفع له راتبه كان ملك فرنسا لويس الرابع عشر، ملك الشمس. ودون إبطاء، «أهدى» الفلكي هذين القمرين الجديدين لعاهله، وأعلن أن «فتوحات» لويس وصلت إلى نهايات المنظومة الشمسية. والتزاما بالحذر توقف كاسيني بعدئذ عن البحث عن مزيد من الأقمار. ويقترح كوهين أن كاسيني كان يخشى من أن اكتشاف قمر إضافي قد يؤدي إلى إغضاب لويس ـ وهو ملك لا يمزح معه، إذ يقوم بإلقاء رعاياه في زنازن أبراج حصينة لجريمة كونهم بروتستانت. وبعد مرور 12 عاما، عاد كاسيني للبحث مرة أخرى وكان دون شك في حالة من الذعر. ووجد قمرين آخرين ـ (وربما من المفيد أننا لم نستمر في هذا السياق، وإلا لكانت فرنسا ستصبح مثقلة بعدد يصل إلى 70 من ملوك البوربون غريبي الأطوار واسمهم لويس).

عندما طرحت مزاعم وجود عوالم جديدة في أواخر القرن الثامن عشر، تبددت كثيرا قوة حجج نزعات دراسة الأعداد السحرية والتنجيمية. ومع ذلك، فقد اندهش الناس كثيرا عندما سمعوا في العام 1781 عن اكتشاف كوكب جديد من خلال التلسكوب. إن وجود أقمار جديدة لم يكن أمرا مؤثرا نسبيا، وخاصة بعد الأقمار الستة أو الثمانية الأوائل. ولكن فكرة وجود كواكب جديدة تستوجب البحث، ووجود بشر قادرين على تصميم أجهزة تقوم بهذه الاكتشافات، كانا أمرين مثيرين للدهشة. فإذا كان هناك

كوكب لم يكن معروفا من قبل، فهذا يعني إمكان وجود المزيد ـ سواء في المنظومة الشمسية أو غيرها. من ذا الذي يقدر على أن يخبرنا بما يمكن أن يوجد مع اختفاء حشود العوالم الجديدة في الظلام؟

لم يقم بهذا الاكتشاف أحد علماء الفلك المتخصصين، وإنما قام به وليم هيرشل، وهو موسيقي، جاء أقرباؤه إلى بريطانيا مع عائلة ألماني آخر متخذا الطابع الإنجليزي، هو الملك الحاكم الذي سيقمع في المستقبل المستعمرين الأمريكيين ـ چورچ الثالث. وأصبحت أمنية هيرشل أن يسمّى الكوكب باسم چورچ (عمليا «نجم چورچ») على اسم راعيه، ولكن لحسن الحظ أن الاسم لم يعلق به. (يبدو أن علماء الفلك كانوا منشغلين بتملق الملوك). وبدلا من ذلك، سمِّي الكوكب الذي وجده هيرشل باسم أورانوس، على اسم إله السماء القديم الذي كان، طبقا للأسطورة اليونانية، والد زحل، وبالتالي جدا لآلهة الأوليمب.

ونحن لم نعد نعتبر الشمس والقمر من الكواكب ـ مع تجاهل الكويكبات السيارة والمذنبات غير المهمة نسبيا ـ ونحسب أورانوس باعتباره الكوكب السابع في الترتيب من الشمس (عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ، المشتري، زحل، أورانوس، نبتون، بلوتو). وهو أول كوكب غير معروف لدى القدماء. أما الكواكب الخارجية الأربعة، بالنسبة للمشتري، فقد اتضح أنها شديدة الاختلاف عن الكواكب الأربعة الداخلية، التي تنتهي بكوكب الأرض، أما كوكب بلوتو فهو حالة مختلفة.

ومع مرور الزمن وتحسن الأدوات الفلكية، بدأنا نعرف المزيد عن كوكب أورانوس البعيد. إن الذي يعكس ضوء الشمس المعتم إلينا مرة أخرى ليس سطحا صلبا، وإنما الغلاف الجوي والسحب ـ تماما كما هو الحال بالنسبة لتيتان والزهرة والمشتري وزحل ونبتون. ويتكون هواء أورانوس من الهيدروچين والهيليوم ـ وهما أبسط غازين. أما الميثان والهيدروكربونات الأخرى فموجودان أيضا. وهناك، أسفل السحب التي يراها المراقبون من على كوكب الأرض، يوجد غلاف جوي ضخم يشتمل على كميات وافرة من الأمونيا وكبريتيد الهيدروچين، وعلى نحو خاص: الماء.

في أعماق المشتري وزحل، نجد أن الضغوط عالية جدا حتى أن الذرات تتخلص من الإلكترونات، ويصبح الهواء معدنا. ويبدو أن هذا لا يحدث على

أورانوس، الأقل ضخامة، نظرا لأن الضغوط في أعماقه أقل. وإذا توغلنا إلى عمق أكثر، فإن ما يُكتشف عن طريق شداته العنيفة الدقيقة على أقماره، والتي يتعذر رؤيتها تماما، أسفل الوزن الساحق للغلاف الجوي المحيط به، هو سطح صخري. إن كوكبا كبيرا، يماثل كوكب الأرض، يختفي هناك ملفوفا في غطاء هوائي ضخم.

إن درجة حرارة سطح كوكب الأرض ترجع إلى ضوء الشمس الذي يعترضه الكوكب. اطفئ الشمس، وسرعان ما يبرد الكوكب ـ ليست كبرودة القطب الجنوبي التافهة، برودة تؤدي لتجمد المحيطات فحسب، وإنما برودة بالغة الشدة يترسب الهواء ذاته فيها مشكلا طبقة يصل سمكها إلى عشرة أمتار من جليد الأكسچين والنيتروچين تغطي الكوكب برمته. إن القدر الضئيل من الطاقة الناجم عن سخونة كوكب الأرض الداخلية لن يكفي لإذابة هذا الجليد. أما بالنسبة للمشتري وزحل ونبتون، فالأمر يختلف. إذ إن هناك قدرا من الحرارة يخرج من داخل هذه الكواكب يماثل قدر الدفء الذي تكتسبه من الشمس البعيدة. وبالتالي، إذا ما انطفأت الشمس فلن تتأثر هذه الكواكب إلا قليلا.

ولكن أورانوس حكاية أخرى. فهو يعد شاذا بين مجموعة كواكب المشتري. إنه يماثل كوكب الأرض: هناك حرارة باطنية ضئيلة جدا تتدفق من داخله. ولا نعرف سببا معقولا لذلك، لماذا يفتقد أورانوس ـ الذي يشبه كوكب نبتون في جوانب كثيرة ـ إلى مصدر قوي للحرارة الداخلية؟ ولهذا السبب، من بين أسباب أخرى، لا يمكننا أن نقول إننا نفهم ما يحدث في الدواخل العميقة لهذه العوالم الجبارة.

إن أورانوس يرقد على جانبه وهو يدور حول الشمس. وقد أدت الشمس، في أعوام التسعينيات، إلى سخونة قطبه الجنوبي، وهو القطب الذي تراه المراصد الفلكية في كوكب الأرض، في نهايات القرن العشرين، عندما تنظر نحو أورانوس. ويستغرق الأمر من أورانوس 84 سنة أرضية للدوران حول الشمس دورة واحدة . ولذا، ففي أعوام الثلاثينيات من القرن الحادي والعشرين (2030) سيتجه قطبه الشمالي نحو الشمس (والأرض). وفي أعوام السبعينيات من القرن الحادي والعشرين (2070) سيتجه قطبه الجنوبي نحو الشمس مرة أخرى. وفيما بينهما، ستتجه أنظار علماء الفلك الأرضيين،

في الغالب، إلى خطوط العرض الاستوائية أساسا.

تدور جميع الكواكب الأخرى عموديا بدرجة أكبر في مداراتها. ولا أحد يعرف عن يقين سبب الدوران الشاذ لكوكب أورانوس. وهناك اقتراح واعد بأنه، في تاريخه المبكر منذ بلايين السنين، ارتطم بكوكب أحمر يصل، إلى ما يماثل تقريبا حجم الأرض، في مدار منحرف لحد بعيد. إن مثل هذا الارتطام، إذا كان قد حدث في وقت ما فإنه لا بد قد أثار اضطرابا في منظومة أورانوس. وبالنسبة لكل ما نعرفه، ربما كانت هناك آثار أخرى متبقية للدمار القديم، ما تزال متروكة لنا كي نكشف عنها. ولكن بُعد أورانوس يميل إلى حراسة أسراره.

في العام 1977، استطاع فريق من العلماء، بقيادة چيمس إليوت ـ وكان عندئذ بجامعة كورنيل ـ أن يكتشف مصادفة أن أورانوس، مثله مثل زحل له حلقات. وكان العلماء يطيرون فوق المحيط الهندي في طائرة تابعة لـ «ناسا» ـ مرصد كويبر المحمول جوا ـ لمشاهدة مسار أورانوس، قبالة أحد النجوم. (تحدث مثل هذه المسارات، أو عمليات الاستتار كما أسموها، من وقت لآخر، وبالتحديد لأن أورانوس يتحرك ببطء بالنسبة للنجوم البعيدة). وقد اندهش المراقبون حين وجدوا النجم يومض وينطفئ مرات عدة قبل أن يمر خلف أورانوس وغلافه الجوي، ثم يفعل ذلك مرة ثانية بعد مروره. ومادامت أنماط الوميض والانطفاء تكررت هي ذاتها قبل وبعد الاستتار، فقد أدى هذا الاكتشاف (وما تلاه من أعمال) إلى الكشف عن 9 حلقات كوكبية رفيعة وشديدة القتامة، هي التي تُعطي لأورانوس مظهر عين الثور في السماء.

وقد أدرك المراقبون وجود مدارات متحدة المركز حول هذه الحلقات، هي مدارات للأقمار الخمسة التي كانت معروفة عندئذ: ميراندا، وأريل، وأومبريل، وتيتانيا، وأوبيرون. وسُميت بأسماء شخصيات مسرحيتي شكسبير حلم «ليلة صيف»، و«العاصفة»، فضلا عن المؤلف الكسندر بوب بعنوان "The Rape of the Lock". وقد اكتشف اثنان منهما عن طريق هيرشل ذاته. أما القمر الأوغل، ميراندا، فقد اكتشف في فترة حديثة، في العام 1948، بواسطة أستاذي ج. ب. كويبر [4]. وتذكرت كم كان إنجازا عظيما، أن يعتبر اكتشاف قمر جديد لأورانوس متأخرا في ذلك الحين. وبعد ذلك كشفت

الأشعة تحت الحمراء القريبة، التي تعكسها الأقمار الخمسة، عن الشارة الطيفية المميزة للجليد المائي العادي على أسطحها. ولا عجب ـ فأورانوس بعيد جدا عن الشمس حتى أنه ليس أكثر لمعانا في فترة الظهيرة عنه بعد غروب الشمس على كوكب الأرض. ودرجات الحرارة منخفضة جدا، ولذا فأي مياه لا بد أن تتجمد.

وفي 24 يناير من العام 1986، بدأت ثورة في فهمنا لمنظومة أورانوس ـ الكوكب، وحلقاته، وأقماره. ففي هذا اليوم، وبعد رحلة استغرقت ثماني سنوات ونصف السنة، طارت سفينة الفضاء ڤوييچر ـ 2 قريبا جدا من ميراندا وارتطمت بعين الثور في السماء. وهنا قذفتها جاذبية أورانوس إلى كوكب نبتون. وقد أرسلت سفينة الفضاء 4300 صورة عن قرب لمنظومة أورانوس، بالإضافة إلى ثروة من البيانات الأخرى.

وقد وُجد أن أورانوس محاط بحزام إشعاعي كثيف، حيث تقع الإلكترونات والبروتونات في الشرك عن طريق المجال المغناطيسي للكوكب. وطارت ڤوييچر خلال هذا الحزام الإشعاعي، وقامت بقياس المجال المغناطيسي والجزيئات، المحصورة المحشورة، أثناء سيرها. كما كشفت أيضا ـ في المواد والإيقاعات والفروق الدقيقة المتغيرة، على نحو صارخ في أغلب الأحوال ـ عن تنافر أصوات في موجات الراديو المتولدة عن طريق الجزيئات المسرعة المحصورة. كما أمكن اكتشاف شيء مشابه على كوكبي المشتري وزحل، وقد يكتشف فيما بعد على نبتون ـ ولكن، دائما، بموضوع ومزج للأصوات مميز لكل عالم.

إن الأقطاب المغناطيسية والجغرافية لكوكب الأرض شديدة القرب من بعضها. أما بالنسبة لأورانوس، فالمحور المغناطيسي ومحور الدوران يميلان بعيدا عن بعضهما بحوالي 60 درجة. ولا أحد يفهم السبب حتى الآن: اقترح البعض أننا ندرك أورانوس في حالة انعكاس أقطابه الشمالية والجنوبية المغناطيسية، كما يحدث دوريا على كوكب الأرض. واقترح آخرون أن هذه المسألة ناجمة عن التصادم القوي القديم الذي تعرّض له الكوكب. لكننا ما زلنا لا نعرف.

تنبعث من أورانوس أشعة فوق بنفسجية كثيرة تزيد عما يستقبله الكوكب من الشمس، وربما تتولد من جزيئات مشحونة تتسرب من المجال الجوي

المغناطيسي وترتطم بالغلاف الجوي العلوي. ومن نقطة متميزة من منظومة أورانوس، درست سفينة الفضاء نجما لامعا يومض ثم ينطفئ وميضه كلما مرت حلقات أورانوس. وقد وُجدت أحزمة ترابية باهتة جديدة. ومن منظور كوكب الأرض، مرت سفينة الفضاء خلف أورانوس، ولهذا فإن إشارات الراديو التي كانت ترسلها إلى الوطن مرت متماسة خلال الغلاف الجوي لأورانوس، سابرة أغواره إلى ما تحت سحبه المكونة من الميثان. ويستنتج البعض وجود محيط شاسع وعميق، ربما يصل سمكه إلى 8 آلاف كيلومتر، من المياه السائلة شديدة السخونة، يطفو في الهواء.

لقد كانت الصور من بين الأمجاد الأساسية التي تحققت من لقاء أورانوس. فمن خلال الكاميرتين التلفزيونيتين على السفينة ڤوييچر، اكتشفنا عشرة أقمار جديدة وحددنا طول اليوم في سحب أورانوس (حوالي 17 ساعة)، ودرسنا حوالي 10 حلقات. وأكثر الصور مدعاة للإعجاب كانت صور الأقمار الخمسة، التي كانت معروفة في السابق بأنها أقمار أورانوس، وخاصة صورة أصغرهم ـ قمر ميراندا الذي اكتشفه كويبر. إن سطحه يضطرب بوديان متصدعة، وتلال متوازية، ومنحدرات صخرية شديدة الانحدار، وجبال منخفضة، وفوهات ناجمة عن تصادمات، وفيضانات متجمدة لمادة سطحية كانت منصهرة ذات يوم. هذا المشهد المضطرب لم يكن متوقعا في مثل هذا العالم الصغير، البارد، الجليدي، الذي يبعد كثيرا عن الشمس. ربما أذيب السطح وأُعيد تشكيله في عصر قديم سابق، حين أدى الرنين التثاقلي بين أورانوس وميراندا وأرييل إلى إطلاق الطاقة من الكوكب القريب إلى جوف ميراندا. أو ربما يكون ما نراه نتائج تصادم بدائي يُعتقد في أن أورانوس ضرب فيه بعنف، أو في حدود التصور، ربما دُمر ميراندا تماما ذات يوم، عن طريق عالَم جانح متوحش، وتفككت أوصاله ونسف متحولا إلى فتات، مع تناثر شظايا التصادم التي لا تزال موجودة في مداره. إن الشظايا والبقايا، التي تتصادم ببطء وتتجاذب تثاقليا مع بعضها البعض، ربما تكتلت متجمعة مرة أخرى في عالم مكون من رقع وملخبط وناقص كما هو حال ميراندا اليوم.

وبالنسبة لي، هناك شيء خفي يتعلق بصور قمر ميراندا المعتم، لأنني أستطيع أن أتذكر جيدا عندما كان مجرد نقطة ضوء باهتة مفقودة تقريبا

في وهج أورانوس، وأمكن اكتشافه بصعوبة شديدة بفضل مهارات العالم الفلكي وصبره. ففي زمن يصل إلى نصف حياة فرد فحسب، تحول من عالَم غير مُكتَشَف إلى غاية، وكشفت أسراره القديمة والخاصة جزئيا على الأقل.

٩ سفينة أمريكية عند تخوم المنظومة الشمسية

... عند شاطئ
بحيرة تريتون...
سأكشف عن مكنون صدري
يوروبيدس، أيون ـ 413
قبل الميلاد

كان نبتون آخر محطة في الجولة الكبرى التي قامت بها السفينة ڤوييچر ـ 2 عبر أنحاء المنظومة الشمسية. وعادة ما يُعتبر نبتون الكوكب قبل الأخير، وبلوتو الأخير. ولكن نتيجة لمدار بلوتو البيضاوي الممدود نحو الخارج، فقد أصبح نبتون مؤخرا الكوكب الأخير، وسيبقى هكذا حتى العام 1999. وتبلغ درجة الحرارة النموذجية في سحبه العليا حوالي ـ 240م لأنه يبعد كثيرا عن أشعة الشمس الدافئة. ومع ذلك، فقد يكون أبرد، ما عدا ما يتعلق بالحرارة المنبعثة من جوفه. ونبتون يجري عبر حافة الليل الواقع بين النجوم. وهو بعيد جدا بحيث تبدو الشمس في سمائه أكبر قليلا من نجم شديد اللمعان.

تُرى، كم يبعد؟ إنه بعيد جدا، بحيث كان عليه أن يستكمل رحلة واحدة حول الشمس ـ هي سنة نبتون ـ منذ اكتشافه العام 1846 [1]، وهو بعيد جدا بحيث تتعذر رؤيته بالعين المجردة. كما أنه بعيد جدا حتى أن الضوء ـ وهو أسرع من أي مسافة يمكن أن يقطعها أي شيء ـ يستغرق أكثر من 5

ساعات ليصل من نبتون إلى كوكب الأرض.

حين انطلقت ڤوييچر ـ 2 عبر منظومة نبتون العام 1989، كانت كاميراتها، وما بها من أجهزة السبكترومتر وكاشفات الجزيئات والمجال، وغيرها من الأدوات، تدرس الكوكب وحلقاته وأقماره، ويُعد الكوكب ذاته، مثل أبناء عمومته المشتري وزحل وأورانوس، كوكبا عملاقا. إن كل كوكب عالم شبيه بالأرض من حيث لُبِّه ـ ولكن الكواكب الغازية العملاقة الأربعة ترتدي أقنعة محكمة ثقيلة. فالمشتري وزحل عالمان غازيان كبيران لديهما لُبّ صخري وجليدي، صغير نسبيا. ولكن أورانوس ونبتون هما أصلا عالمان صخريان وجليديان ملفوفان في أغلفة جوية كثيفة تحجبهما عن الرؤية.

إن نبتون أكبر من كوكب الأرض أربع مرات. وعندما ننظر إلى زرقته القاتمة اللطيفة، فإننا نرى ومن جديد الغلاف الجوي والسحب فقط، ولا نرى السطح الصلب. ومرة أخرى، نجد أن غلافه الجوي يتكون بالدرجة الأولى من هيدروچين وهيليوم، مع قليل من الميثان وآثار من الهيدروكربونات الأخرى. وقد يوجد بعض النيتروچين. والسحب اللامعة، التي يبدو أنها بلورات الميثان، تطفو فوق سحب أعمق وأكثر كثافة ذات تركيب غير معروف. ومن حركة السحب اكتشفنا رياحا جبارة تقترب سرعتها من سرعة الصوت المحلية. ووجدت بقعة معتمة كبرى، ومن الغريب أنها على خط العرض نفسه تقريبا للبقعة الحمراء الكبرى الموجودة على المشتري. ويبدو اللون الأزرق السماوي (اللازوردي) مناسبا لكوكب يُطلق عليه اسم إله البحر.

هذا الكوكب البارد، البعيد ذو الإضاءة المعتمة والعاصف هو ـ هنا أيضا ـ منظومة من الحلقات، تتكون كل منها من أشياء مدارية لا تعد ولا تحصى يتراوح حجمها من جزيئات صغيرة مثل دخان السجائر إلى ما يماثل الشاحنات الصغيرة. ومثل حلقات كواكب المشتري الأخرى، يبدو أن حلقات نبتون سريعة الزوال ـ فقد قدِّر أن الجاذبية والإشعاع الشمسي سيؤديان لتمزيق هذه الحلقات خلال فترة تقل كثيرا عن عُمر المنظومة الشمسية. وإذا ما دُمرت الحلقات سريعا، فإننا يجب أن نراها لأنها تشكلت مؤخرا فحسب. ولكن، كيف يمكن أن تتكون الحلقات؟

إن أكبر قمة في منظومة نبتون يسمى تريتون [2]. ويستغرق تريتون ستة من أيامنا ليدور حول نبتون. وهو يدور حوله ـ على خلاف الأقمار الكبيرة

في المنظومة الشمسية ـ في الاتجاه العكسي الذي يدور فيه كوكبه (في اتجاه عقارب الساعة، إذا قلنا إن نبتون يدور عكس اتجاه عقارب الساعة). والغلاف الجوي لتريتون غني بالنيتروچين، ويشبه الغلاف الجوي لتيتان إلى حد ما. ولكن لأن الهواء والضباب الرقيق أقل سمكا، فإننا نستطيع مشاهدة سطحه. إن تضاريسه متنوعة ورائعة. وهو عالم يشتمل على أنواع مختلفة من الجليد ـ جليد نيتروچينيّ وجليد ميثاني، وقد يوجد أسفلهما جليد مائي وصخر مألوف لدينا بدرجة أكبر. وهناك أحواض ناجمة عن تصادمات، ويبدو أنها كانت مغمورة بالسائل قبل إعادة التجمد (وبالتالي كانت هناك يوما ما بحيرات على تريتون)؛ كما توجد فوهات ناجمة أيضا عن تصادمات، ووديان طويلة متقاطعة، وسهول فسيحة مغطاة بثلوج النيتروچين المتساقطة، فضلا عن مناطق مجعدة تشبه قشرة فاكهة الكانتالوب، بالإضافة إلى خطوط طويلة متوازية تقريبا ومعتمة، يبدو أن الرياح قد ذرتها ثم ترسبت على السطح الجليدي ـ بغض النظر عن مدى ضآلة سمك الغلاف الجوي لتريتون (حوالي 1:10 آلاف من سمك الغلاف الجوي لكوكب الأرض).

وجميع الفوهات على تريتون بدائية، كما لو كانت مختومة بماكينة تفريز ضخمة. فليس لديها جدران منخفضة أو تضاريس بارزة. وحتى مع تساقط الثلوج وتبخرها الدوري، يبدو أنه لم يوجد ما يؤدي إلى تآكل سطح تريتون عبر بلايين السنين. ولذا فإن الفوهات التي حُفِرت أثناء تشكل تريتون، لا بد أنها كلها قد امتلأت وتغطت بفعل حدث ما أعاد تشكيل سطح الكوكب في فترة مبكرة. إن تريتون يدور حول نبتون في اتجاه معاكس لاتجاه دوران نبتون ـ على عكس الوضع في كوكب الأرض وقمره، وغالبية الأقمار الكبيرة في المنظومة الشمسية. وإذا كان تريتون قد تشكل من القرص سريع الدوران نفسه الذي تشكل منه نبتون، فلا بد أن يدور حول نبتون في اتجاه دورانه نفسه. وبالتالي فإن تريتون لم يُصنع من السديم المحلي الأصلي المحيط بنبتون، وإنما نشأ في مكان آخر ـ ربما بعيدا خلف بلوتو ـ ثم أمسكت به جاذبية نبتون بالصدفة عندما مر قريبا منه وربما أثار هذا الحدث تيارات مدية جزرية ضخمة لأجسام صلبة في تريتون، مما أدى إلى ذوبان السطح وإزالة كل الطوبوغرافيا السابقة.

وفي بعض الأماكن، يكون السطح لامعا وأبيض، مثل ثلوج القطب الجنوبي المتساقطة حديثا (ويمكن أن يتيح تجربة في التزحلق على الجليد لا نظير لها في جميع أنحاء المنظومة الشمسية). وفي أماكن أخرى، هناك مسحة لونية تتراوح بين اللون البمبي واللون البني. وأحد التفسيرات الممكنة هي أن الثلوج المتساقطة حديثا التي تتكوّن من النيتروچين والميثان وهيدروكربونات أخرى قد خضعت للمعالجة، إما عن طريق الأشعة الشمسية فوق البنفسجية، أو عن طريق الإلكترونات المحصورة في المجال المغناطيسي لنبتون، والتي يحرث تريتون من خلالها. ونحن نعرف أن هذه المعالجة ستحول الثلوج (مثل الغازات المماثلة) إلى مواد رسوبية عضوية معقدة حمراء داكنة، وإلى ثولينات جليدية ـ لا شيء حي، ولكن هنا أيضا توجد تكونات من بعض الجزيئات المتضمنة في أصل الحياة على الأرض منذ أربعة بلايين عام.

وفي الشتاء المحلي توجد أبنية من طبقات الجليد والثلوج على السطح. (يبلغ طول شتائنا، لحسن الحظ، 4٪ فقط من طول الشتاء هناك). أما خلال الربيع، فإن تلك الطبقات تتحول ببطء وباطراد إلى جزيئات عضوية متراكمة ذات لون ضارب للحمرة. ومع حلول الصيف، يتبخر الجليد والثلوج؛ وتهاجر الغازات المنطقة هجرة جزئية عبر الكوكب نحو نصف الكرة الشتوي، حيث يغطي السطح بالجليد والثلوج مرة أخرى. لكن الجزيئات العضوية الضاربة للحمرة لا تتبخر ولا تنقل ـ وبوصفها الراسب الأخير فإنها تُغطى في الشتاء التالي بثلوج جديدة، والتي تتعرض بدورها لمعالجات، كما ذكرنا سابقا. ومع حلول الصيف التالي، يزداد التراكم سمكا. وبمرور الوقت، تتراكم على سطح تريتون كميات ضخمة من المادة العضوية، وهي ما يمكن أن يتسبب في علاماته اللونية الرقيقة.

تبدأ الخطوط في مناطق أساسية صغيرة معتمة، ربما عندما يعمل دفء الربيع والصيف على تسخين الثلوج تحت السطحية المتطايرة، ومع تبخرها يتدفق الغاز خارجا كما هو الحال في نبع ماء حار، مُطيرا الثلوج السطحية الأقل تطايرا، والمواد العضوية المعتمة. وتقوم الرياح السائدة، بطيئة السرعة، بحمل المواد العضوية المعتمة التي تتساقط ببطء من الهواء الرقيق بعيدا حيث تُرسَّب على الأرض مولدة مظهر هذه الخطوط. ويُعد هذا، على الأقل، أحد التصورات الخاصة بتاريخ تريتون الحديث.

وقد يكون لدى تريتون قمم قطبية كبيرة موسمية تتكون من جليد نيتروچيني ناعم أسفل طبقات من المواد العضوية المعتمة. ويبدو أن الثلوج النيتروچينية قد سقطت مؤخرا على خط الاستواء. إن سقوط الجليد، ووجود ينابيع الماء الحار، والتراب العضوي الذي تذريه الرياح فضلا عن الضباب في الارتفاعات العالمية لم يكن متوقعا على عالم ذي غلاف جوي رقيق للغاية.

تُرى، لماذا يكون الهواء بهذه الرقة؟إنه هكذا لأن تريتون بعيد جدا عن الشمس. وإذا استطعت، بشكل ما، التقاط هذا العالم وحرّكته في مدار حول زحل، فسوف يتبخر الجليد النيتروچيني والميثان بسرعة ويتشكل غلاف جوي أكثر سمكا من النيتروچين والميثان الغازيين. وسوف يولد الإشعاع ضبابا معتما من الثولين. وعندئذ سيصبح عالما يماثل تيتان كثيرا. وبالعكس، إذا قمت بتحريك تيتان في مدار حول نبتون، فإن غلافه الجوي سيتجمد كله تقريبا متحولا إلى ثلوج وجليد، وسوف يتساقط الثولين دون أن يستبدل، أما الهواء فسيصبح صافيا، ويمكن رؤية السطح في الضوء العادي. وعندئذ يصبح تيتان عالما يماثل تريتون كثيرا.

إن هذين العالمين ليسا متطابقين. ويبدو أن باطن تيتان يشتمل على كمية من الجليد أكثر مما في باطن تريتون، في حين تقل صخوره كثيرا عن صخور تريتون. ويبلغ قطر تيتان حوالي ضعف قطر تريتون. ومع ذلك، فإذا ما وضعناهما على المسافة نفسها من الشمس سيبدوان كأختين. ويقترح ألان ستيرن، بمعهد البحوث في ساوث وست، أنهما عضوان من أعضاء مجموعة العوالم الصغيرة الغنية بالنيتروچين والميثان، التي تشكلت في باكورة المنظومة الشمسية. أما بلوتو، الذي لم تزره سفينة فضاء حتى الآن فيبدو أنه عضو آخر من أعضاء هذه المجموعة. وربما لا تزال هناك اكتشافات تنتظرنا خلف بلوتو. إن الأغلفة الجوية الرقيقة والأسطح الجليدية لهذه العوالم تتعرض للمعالجة ـ بالأشعة الكونية إن لم يكن أي شيء آخر ـ ويجري تشكيل مركبات عضوية غنية بالنيتروچين. ويبدو كما لو أن مادة الحياة موجودة ليس على تيتان فحسب، بل في كل مكان من الآماد الخارجية الباردة معتمة الضوء لمنظومتنا الكوكبية.

هناك طائفة أخرى من الأجسام الصغيرة التي اكتشفت مؤخرا وتأخذها

مداراتها ـ على الأقل جزءا من الوقت ـ إلى ما وراء نبتون وبلوتو، ويطلق عليها أحيانا اسم الكواكب الصغيرة أو الكويكبات السيارة (asteroids). ومن المرجح بشدة أنها عبارة عن مذنبات خاملة (دون ذيل، بالطبع؛ وتبعد كثيرا عن الشمس، وجليدها لا يتبخر بسهولة). ولكن هذه الكويكبات أكبر كثيرا من المذنبات العادية التي نعرفها. إنها قد تكون طليعة مجموعة العوالم الصغيرة العديدة التي تمتد من مدار بلوتو تقريبا حتى أقرب نجم. إن المنطقة الأوغل لسحابة مذنب أوورت، التي يمكن أن تضم في عضويتها هذه الأجسام الجديدة، تسمى حزام كويبر ـ على اسم أستاذي چيرارد كويبر، الذي كان أول من اقترح وجودها، أما المذنبات ذات العمر القصير ـ مثل هالي ـ فهي تنشأ في حزام كويبر وتستجيب لشد الجاذبية منزلقة إلى الجزء الداخلي من المنظومة الشمسية، ثم تنمو أذيالها وتزين سماءنا.

في القرن التاسع عشر، كانت هذه الوحدات البنائية للعوالم ـ مجرد افتراض في ذلك الحين ـ يطلق عليها اسم «كويكبات». والدلالة الغالبة للكلمة كما أعتقد، هي شيء ما شبيه بـ «الكميات متناهية الصغر»: إنك تحتاج إلى عدد لانهائي منها لتكوين أي شيء. ولا يصل الأمر إلى هذا الحد مع الكويكبات، على الرغم من أن هناك حاجة لعدد ضخم منها لصنع كوكب. على سبيل المثال، هناك حاجة لالتحام تريليونات من الأجسام، يصل حجم كل منها إلى كيلومتر، لصنع كوكب يماثل في كتلته كتلة كوكب الأرض. وفي يوم ما، كان هناك عدد أضخم بكثير من العوالم الصغيرة في الجزء الكوكبي من المنظومة الشمسية. ولكن غالبيتها انتهى الآن ـ طردت إلى الفضاء الواقع بين النجوم، أو سقطت في الشمس، أو ضُحِّي بها لمصلحة ذلك المشروع الكبير المتعلق ببناء الأقمار والكواكب. وهناك، خلف كوكبي نبتون وبلوتو، ربما لا تزال تنتظر الأجسام المنبوذة والبقايا التي لم تتجمع أبدا في عوالم ـ عدد قليل ضخم إلى حد ما، يبلغ قطر الواحد منها 100 كيلو متر وعدد مذهل من الأجسام الأصغر، التي يبلغ قطر كل منها كيلومترا واحدا، تتناثر في المنظومة الشمسية الخارجية طوال الطريق إلى الخارج، نحو سحابة أوورت.

وبهذا المعنى، توجد كواكب خلف نبتون وبلوتو، ولكنها ليست كبيرة الحجم، تقريبا، مثل كواكب مجموعة المشتري أو حتى بلوتو. وربما كانت هناك

عوالم أكبر، على الرغم من كل ما نعرفه، تختفي في الظلام خلف بلوتو، عوالم يمكن أن يطلق عليها، عن حق، كواكب. وبقدر ما تبعد هذه العوالم، بقدر ما يقل احتمال اكتشافنا لها. ولا يمكن لهذه الكواكب أن تقع خلف نبتون بالضبط؛ فالشد التثاقلي الخاص بها ربما أدى إلى تعديل مدارات نبتون وبلوتو، فضلا عن مدارات سفن الفضاء بيونير ـ 10 و11، وڤوييچر 1 و2.

إن الأجسام المذنبية حديثة الاكتشاف (بأسماء مثل 1992 QB أو 1993 FW) ليست كواكب بهذا المعنى. وإذا كانت بدايات اكتشافاتنا قد نجحت في تطويقها، فربما لا يزال الكثير جدا منها لم يكتشف بعد في المنظومة الشمسية الخارجية ـ فهي بعيدة جدا حتى أنه تصعب رؤيتها من كوكب الأرض، وبعيدة جدا حتى أنها تحتاج إلى رحلة طويلة للوصول إليها، ولكن نطاق قدراتنا محصور في السفن الصغيرة السريعة التي تتجه إلى بلوتو وما وراءه. وقد يكون من المفيد إرسال سفينة إلى بلوتو وقمره شارون، وبعد ذلك، إن استطعنا، المرور بالقرب من أحد الأجسام المقيمة بحزام مذنب كويبر.

ويبدو أن اللبّ الصخري لأورانوس ونبتون، الشبيه بلبّ كوكب الأرض الصخري، قد التحم أولا، ثم جذب كميات ضخمة من الهيدروچين والهيليوم، بفعل الجاذبية، من السديم القديم الذي تشكلت منه الكواكب. لقد عاشا أصلا في عاصفة مصحوبة ببرد شديد. وكانت جاذبيتهما كافية لطرد العوالم الجليدية الصغيرة عند اقترابها الشديد منهما بعيدا للخارج إلى ما وراء عالم الكواكب ليسكنا سحابة مذنب أوورت. ولقد أصبح المشتري وزحل عملاقين غازيين عن طريق هذه العملية نفسها. ولكن جاذبيتهما كانت أقوى من أن تعمِّر سحابة أوورت: فالعوالم الجليدية التي اقتربت منهما طُردت بفعل الجاذبية إلى خارج المنظومة الشمسية كلها ـ وقدّر لها أن تتجول إلى الأبد في الظلام العظيم الواقع بين النجوم.

وهكذا، فإن المذنبات الجميلة التي تثير أحيانا إعجابنا وروعنا، نحن البشر، والتي تتسبب في الفوهات الواقعة على أسطح الكواكب الداخلية والأقمار الخارجية، والتي تعرض الحياة على كوكب الأرض للخطر، بين حين وآخر، لم تكن لتصبح معروفة ولا مُهدِدة لو لم يكن كوكبا أورانوس

ونبتون قد نميا إلى عالمين عملاقين منذ أربعة ملايين سنة ونصف.

هذا هو موقع الاستراحة القصيرة في سيرة كواكب ما بعد نبتون وبلوتو، وكواكب نجوم أخرى.

إن كثيرا من النجوم القريبة محاط بأقراص رقيقة من الغاز والتراب التي تدور في مدارات حولها، وعادة ما تمتد إلى مئات الوحدات الفلكية من النجم المحلي (الكوكبان الأكثر بعدا نبتون وبلوتو يبعدان حوالي 40 وحدة فلكية عن شمسنا). أما النجوم الشابة التي تشبه الشمس، فمن المرجح لحد بعيد أنها محاطة بأقراص أكثر من الأقراص المحيطة بالنجوم الأكبر سنا. وفي بعض الحالات يوجد ثقب في مركز القرص، كما هو الحال في أسطوانة الفونوغراف. ويمتد الثقب نحو الخارج، من النجم، إلى ما يصل إلى 30 أو 40 وحدة فلكية تقريبا. ويصدق هذا القول، على سبيل المثال، على الأقراص المحيطة بنجميّ النسر الواقع وأسيلون إريداني. أما ثقب القرص المحيط ببيتا بيكتوريس، فيمتد إلى 15 وحدة فلكية فقط منه. وتوجد إمكانات حقيقية هي أن هذه الكواكب التي تشكلت مؤخرا هناك قد كسحت هذه المناطق الداخلية الخالية من الغبار. وفي الواقع، إن عملية الاكتساح هذه متنبأ بها بالنسبة لتاريخ منظومتنا الكوكبية المبكر. ومع تحسّن عمليات المراقبة، ربما سنرى تفاصيل أكثر دلالة حول تكوين الغبار والمناطق الخالية من الغبار، وهو الأمر الذي سيشير إلى وجود كواكب شديدة الصغر ومعتمة بشكل يجعل رؤيتها المباشرة مستحيلة. وتقترح بيانات منظار التحليل الطيفي أن هذه الأقراص تتحرك في اضطراب وأن تلك المادة تسقط على النجوم المركزية ـ ربما من مذنبات متشكلة في القرص، وانحرفت بفعل الكواكب غير المرئية، ثم تتبخر مع اقترابها من الشمس المحلية.

ولأن الكواكب صغيرة وتتألق بفعل الضوء المنعكس، فإنها تميل لأن تصبح باهتة في وهج الشمس المحلية ـ وعلى الرغم من ذلك، فهناك جهود عدة تبذل في الوقت الحالي للعثور على كواكب كاملة التشكل حول النجوم القريبة ـ عن طريق ملاحظة إعتام واهن وقصير لضوء نجم عندما يضع كوكب مظلم نفسه بين النجم والمراقب على كوكب الأرض، أو عن طريق تحسس تذبذب ضعيف في حركة النجم وهو منجذب أولا إلى طريق ما ثم

إلى طريق آخر عن طريق نجم وصيف مختلف دائر غير مرئي. إن التقنيات التي ولّدها عصر الفضاء ستكون أكثر حساسية. إن كوكبا شبيها لكوكب المشتري، يدور حول نجم قريب يكون أبهت حوالي بليون مرة من شمسه؛ ومع ذلك فإن جيلا من التلسكوبات الأرضية، يُجازى على مراقبة التلألؤ في الغلاف الجوي لكوكب الأرض، قد يصبح قادرا في الحال على اكتشاف مثل هذه الكواكب خلال فترة رصد تصل لساعات عدة قليلة. أما الكوكب الشبيه بكوكب الأرض، والتابع لنجم قريب، فتكون صورته أبهت من شمسه بحوالي 100 مرة. ولكن سفينة الفضاء، غير المكلفة نسبيا، قد تكون قادرة على الكشف عن كواكب أخرى شبيهة بالأرض، عبر طيرانها أعلى من الغلاف الجوي لكوكب الأرض. ولم تنجح حتى الآن أي عملية من عمليات البحث هذه، ولكننا نقف بوضوح على شفا امتلاك القدرة على الكشف ـ على الأقل ـ عن الكواكب التي يماثل حجمها حجم المشتري وتدور حول النجوم القريبة ـ هذا إذا كان يوجد ما يمكن اكتشافه.

أهم الاكتشافات الأخيرة، التي جرت بمحض الصدفة، هو اكتشاف منظومة كوكبية أصلية حول نجم، لم يكن متوقعا، يبعد 1300 سنة ضوئية، وذلك عن طريق تقنية غير متوقعة على الإطلاق: إنه البُلسار [3] الذي يطلق عليه اسم B 1257 + 12، وهو نجم نيوتروني سريع الدوران، وشمس شديدة الكثافة بصورة لا تصدق، كما أنه بقايا نجم ضخم تعرض لانفجار السوبر نوفا. إنه يدور، مرة كل 19388187 53 18 0,0062 ثانية، بمعدل مقاس بدقة عالية. ويُدفع هذا البلسار 10 آلاف دورة كل دقيقة.

وتولّد الجزيئات المشحونة، المحصورة في المجال المغناطيسي الكثيف، موجات راديو تطلق ناحية الأرض، حوالي 160 خفقة كل ثانية. وهناك تغيرات قليلة، وإن كان يمكن تمييزها، تحدث في معدل الوميض، وقد فسرها مؤقتا الكسندر فولزتشان العام 1991 ـ وهو يعمل الآن بجامعة بنسلفانيا ـ على أنها حركة انعكاسية دقيقة للبُلسار استجابة لوجود الكواكب. وفي العام 1994، تأكد فولزتشان من التفاعلات الناجمة عن الجاذبية المتبادلة والمتوقعة لهذه الكواكب، وذلك من خلال دراسة بقايا موقوتة على مستوى الميكرو ثانية في السنوات الفاصلة. ويوجد الآن دليل دامغ ـ أو، كما طرحه فولزتشان «لا يمكن دحضه» ـ على أن هذه كواكب جديدة بالفعل وليست

زلازل نجمية على سطح الكوكب النيوتروني (أو شيء ما)؛ إنها منظومة شمسية جديدة «تتحدد بوضوح». وعلى خلاف جميع التقنيات الأخرى، فإن أسلوب توقيت البلسار يجعل اكتشاف الكواكب القريبة الشبيهة بالأرض يسير نسبيا، أما الكواكب الشبيهة بالمشتري، والأكثر بُعدا، فيصعب نسبيا الكشف عنها.

إن الكوكب C، وهو أضخم من كوكب الأرض بحوالي 2,8 مرة، يدور حول البُلسار دورة كل 98 يوما وعلى مسافة 0,47 وحدة فلكية [4]؛ والكوكب B ، وتبلغ كتلته حوالي 3,4 من كتلة كوكب الأرض. وتتكون سنته من 67 يوما من أيام الأرض ويصل بُعده إلى 0,36 وحدة فلكية. وهناك عالم أصغر، وهو الكوكب A، لا يزال أقرب للشمس، وتصل كتلته إلى 0,015 من كتلة كوكب الأرض، ويبعد 0,19 وحدة فلكية. وإذا ما أطلقنا الكلام على عواهنه، فإن الكوكب B يبعد بمسافة تماثل بُعد عطارد عن شمسنا تقريبا؛ والكوكب C يقع في منتصف المسافة بين عطارد والزهرة. ويُعد الكوكب A كوكبا داخليا بالنسبة لهما، وكتلته تقريبا هي نصف كتلة القمر، ويقع تقريبا عند منتصف المسافة بين عطارد وشمسنا، ونحن لا نعرف ما إذا كانت هذه الكواكب هي بقايا منظومة كوكبية مبكرة عاشت، بشكل ما، قبل انفجارات السوبر نوفا التي أنتجت البُلسار، أم أنها قد تشكلت من القرص الالتحامي المحيط بالنجوم والذي تلى تفجير السوبر نوفا. ولكننا، في كلتا الحالتين، قد عرفنا الآن أن هناك كواكب أخرى شبيهة بالأرض.

إن الطاقة الناتجة عن B 1257 + 12 تزيد بحوالي 4,7 مرة ـ عن طاقة الشمس. ولكن غالبية هذه الطاقة، على خلاف الشمس، ليست متمثلة في الضوء المرئي، وإنما في إعصار قوي (مصحوب بمطر ورعد وبرق) من الجزيئات المشحونة كهربيا. وإذا افترضنا أن هذه الجزيئات ترتطم بالكواكب وتؤدي إلى سخونتها. وعندئذ فحتى الكوكب الواقع على بُعد وحدة فلكية واحدة ستصل درجة حرارة سطحه إلى حوالي 280 درجة مئوية أعلى من درجة غليان الماء العادية، وأكبر من درجة حرارة كوكب الزهرة.

هذه الكواكب المظلمة الساخنة لا تبدو مضيافة للحياة. وهناك كواكب أخرى، أبعد من B 1257 + 12، مضيافة للحياة. (هناك إشارات من عالم واحد على الأقل، أكثر برودة، وخارجي في منظومة B 1257 + 12). وبطبيعة

الحال، نحن لا نعرف حتى ما إذا كانت هذه العوالم ستحتفظ بأغلفتها الجوية، فربما أزيلت أي أغلفة جوية في انفجار السوبر نوفا، إذا ما كان تاريخها يرجع إلى ذلك الزمن البعيد. ولكن يبدو أننا نلاحظ بالفعل منظومة كوكبية قابلة للإدراك. ومن المرجح أن تزداد معرفتنا بمنظومات كوكبية أكثر في العقود القادمة، منظومات تدور حول نجوم عادية تشبه الشمس، علاوة على أقزام فضية اللون وبُلسارات، وحالات ختامية من التطور النجمي.

وستصبح لدينا بالفعل قائمة بالمنظومات الكوكبية، قد تكون بكل واحدة منها فئات جديدة من الكواكب الشبيهة بالأرض والكواكب الشبيهة بالمشتري، أو قد توجد طوائف جديدة من الكواكب. ولسوف ندرس هذه العوالم بواسطة السبكتروسكوب وغيرها من الأدوات والطرق. ونبحث عن كرات أرضية جديدة وحياة أخرى.

لم تجد ڤوييچر أي إشارة على وجود حياة، ولو حتى حياة أقل ذكاء بكثير على عوالم المجموعة الشمسية الخارجية. ثمة مادة عضوية وافرة ـ هي مادة الحياة، وربما تكون هواجس الحياة الأولى ـ ولكن الحياة، بقدر ما استطعنا أن نرى غير موجودة. فلا تشتمل الأغلفة الجوية لهذه الكواكب على أكسچين، ولا أي غازات خارج التوازن الكيميائي بدرجة كبيرة، كما هو حال الميثان مع أكسچين الأرض. لقد كان الكثير من العوالم ملونا بألوان رقيقة، ولكن لا يمتلك أي لون منها الملامح المميزة ذات الامتصاص العالي الذي يوفره الكلوروفيل على امتداد غالبية سطح كوكب الأرض. وفي عدد قليل من العوالم، كانت ڤوييچر قادرة على تحليل بعض التفاصيل الصغيرة لما هو أكثر من كيلو متر واحد. وبهذا المعيار، لم تكن لتكشف حتى عن حضارتنا التقنية، إذا ما كانت قد زُرعت في المجموعة الشمسية الخارجية. ولكن بالنسبة لما هو جدير بالتقدير لم نجد أي نمذجة أو هندسة منتظمة، ولا أي ولع بالدوائر أو المثلثات أو المربعات أو المستطيلات الصغيرة. لم تكن هناك أي كوكبة من نقاط الضوء الثابتة على العوالم الليلية. ولم تكن هناك أي علامات على حضارة تقنية تعيد تشكيل سطح أي من هذه العوالم.

وتُنتج الكواكب الشبيهة بالمشتري إذاعات من موجات الراديو ـ متولدة جزئيا بواسطة الجزيئات المتوافرة المحصورة في مجالاتها المغناطيسية والمشحونة والمرسلة للموجات، وجزئيا بواسطة البرق، وجزئيا عن طريق

الجوف الساخن لهذه الكواكب. ولكن هذه الابتعاثات جميعها لا تحمل طابع الحياة الذكية ـ أو هكذا يبدو الأمر للخبراء في هذا المجال.

وبطبيعة الحال، قد يكون تفكيرنا محدودا للغاية. وربما غاب عنا شيء ما. وعلى سبيل المثال، يوجد قليل من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لتيتان، وهو ما يؤدي إلى إخراج الغلاف الجوي المتكون من النيتروچين / الميثان خارج التوازن الكيميائي. وأعتقد أن ثاني أكسيد الكربون يتوافر من خلال تلك السلسلة السريعة من الضربات الخفيفة الثابتة للمذنبات التي تسقط في الغلاف الجوي لتيتان ـ ولكن لا يحدث ذلك. وربما كان هناك شيء على السطح يولد كميات لا تعد ولا تحصى من ثاني أكسيد الكربون في مواجهة كل هذه الكمية من الميثان.

ويختلف سطحا ميراندا وتريتون عن أي شيء آخر نعرفه ـ ثمة سمات طبيعية ممتدة للسطح تشبه حلية الشارة العسكرية، وخطوط مستقيمة متقاطعة، حتى أن علماء چيولوچيا الكواكب الجادين وصفوها ذات يوم منزعجين بأنها «طرق سريعة». ونحن نتصور أننا نفهم (بالكاد) هذه التضاريس بلغة الصدوع والتصادمات، ولكننا، بالطبع، قد نكون مخطئين.

إن الأصباغ السطحية للمادة العضوية ـ أحيانا تكون ملونة إلى حد ما، مثلما الحال على تريتون ـ تُعزى إلى الجزيئات المشحونة التي تحدث تفاعلات كيميائية في الجليد الهيدروكربوني البسيط، مولدة مواد عضوية أكثر تعقيدا. ولا علاقة لهذا كله بتخلل الحياة. ولكننا، بالطبع، قد نكون مخطئين.

ونموذج تفجرات الراديو المعقدة وصفاراته الساكنة، التي تصلنا من الكواكب الأربعة الشبيهة بالمشتري، تبدو قابلة للتفسير، بشكل عام، عن طريق فيزياء البلازما والانبعاث الحراري. (لا نُدرك جيدا الكثير من التفاصيل بعد). ولكننا، بالطبع، قد نكون مخطئين.

إننا لم نجد شيئا واضحا بشدة ولافتا للنظر على عشرات العوالم مثل العلامات الدالة على الحياة التي لاقتها السفينة جاليليو بالقرب من كوكب الأرض. إن الحياة هي فرضية الملاذ الأخير. فأنت تستحضرها عندما لا تجد طريقة أخرى لتفسير ما تراه. فإذا ما أصدرتُ حكما، سأقول إنه لا توجد حياة على أي من العوالم التي درسناها ما عدا عالمنا بالطبع. ولكنني ربما أكون مخطئا. وبغض النظر عن مدى صحة أو خطأ حكمي، فإنه

بالضرورة محصور بهذه المنظومة الشمسية. وربما نجد شيئا مختلفا في أي بعثة جديدة إلى حد ما، شيئا لافتا للنظر لا يمكن تفسيره بالأدوات العادية المستخدمة في العلوم الكوكبية ـ ونتقدم وجلين وبحرص نحو تقديم تفسير بيولوچي. ومع ذلك، فلا شيء يتطلب حتى الآن المضي في هذا المسار. وحتى الآن، فالحياة الوحيدة في المنظومة الشمسية، هي الموجودة على كوكب الأرض. وإشارة الحياة الوحيدة، بمنظومتي أورانوس ونبتون هي السفينة ڤوييچر نفسها.

ومادمنا نقوم بتحديد كواكب نجوم أخرى، ومادمنا نجد عوالم أخرى ذات أحجام وكتل تماثل كوكب الأرض تقريبا، فإننا سوف نفحصها بحثا عن الحياة. إن غلافا أكسچينيا كثيفا قد يكون قابلا للاكتشاف حتى على عالم لم نتخيل وجوده أبدا. أما بالنسبة لكوكب الأرض، فإنه هو ذاته علامة على وجود الحياة. إن توافر غلاف جوي من الأكسچين، مصحوبا بكميات كبيرة من الميثان، سيصبح بالتأكيد علامة على الحياة، كما سيجري تعديله عن طريق ابتعاثات الراديو. وفي يوم ما، ونتيجة للمشاهدات الخاصة بمنظومتنا الكوكبية أو غيرها، فقد نسمع الإعلان عن أخبار الحياة في أماكن أخرى ونحن نتناول قهوة الصباح.

إن سفينة الفضاء ڤوييچر متوجهة إلى النجوم وهي تقع على مسارات هروب من المنظومة الشمسية، وتنطلق بسرعة فائقة تصل إلى مليون ميل تقريبا في اليوم. ومجالات الجاذبية لكواكب المشتري وزحل وأورانوس ونبتون تقذفها بسرعات عالية، بحيث تحطم الروابط التي كانت تربطها ذات يوم بالشمس.

تُرى، هل تركت المنظومة الشمسية الآن؟ تعتمد الإجابة إلى حد بعيد، على كيفية تحديد تخوم عالم الشمس. فإذا كانت تخومه تتحدد بمدار الكوكب الأكثر بعدا والكبير الحجم، إذن فسفينة الفضاء ڤوييچر قد مضت الآن بعيدا؛ وربما لا توجد كواكب مثل نبتون غير مكتشفة بعد. وإن كنت تعني الكوكب الأكثر بُعدا، فقد توجد كواكب ـ ربما تشبه تريتون ـ بعيدة جدا ما وراء نبتون وبلوتو. وإذا ما كان الأمر كذلك، فإن السفينتين ڤوييچر 1 و2 لا تزالان في إطار المنظومة الشمسية. وإذا حُددت التخوم الخارجية للمنظومة الشمسية كفاصل شمسي ـ حيث يجري استبدال الجزيئات

والمجالات المغناطيسية الواقعة بين الكوكب بنظائرها الواقعة بين النجوم ـ فهنا نقول إن السفينتين ڤوييچر لم تتركا المنظومة الشمسية بعد برغم إمكان قيامهما بذلك في العقود القليلة القادمة [5]. ولكن إذا كان تعريفنا لحافة المنظومة الشمسية يتحدد بالمسافة التي لا يمكن لنجمنا عندها أن يحتفظ بعوالم في مدارات حوله، إذن فإن السفينتين ڤوييچر لن تغادرا المنظومة الشمسية لمئات من القرون.

إن سحابة أوورت، هذا الحشد الضخم من المذنبات تريليون أو أكثر، في كل اتجاه في السماء مرتبط على نحو ضعيف بجاذبية الشمس. وسوف تنهي سفينتا الفضاء مساريهما خلال سحابة أوورت بعد 20 ألف سنة أخرى أو ما نحو ذلك. وبعدئذ وأخيرا، تكملان وداعهما الطويل للمنظومة الشمسية، وتتحرران من أغلال الجاذبية، التي قيدتهما ذات يوم بالشمس، وسوف تنطلق السفينتان ڤوييچر إلى ذلك البحر المفتوح في الفضاء الواقع بين النجوم. وعندئذ فقط تبدأ المرحلة الثانية من مهمتهما.

لقد هلكت محولات الراديو بالسفينتين منذ أمد طويل، وسوف تتجولان لعصور في ذلك الظلام الهادئ البارد الواقع بين النجوم ـ حيث لا يوجد شيء تقريبا يؤدي إلى تآكلهما. وبمجرد خروجهما من المنظومة الشمسية، ستبقيان، كما هما دون مساس، بليون سنة أو أكثر، وهما تطوفان حول مركز مجرة درب التبانة.

ونحن لا نعرف ما إذا كانت هناك حضارات أخرى بدرب التبانة تبحث هي الأخرى في أرجاء الفضاء. وإذا كانت مثل هذه الحضارات موجودة، فإننا لا نعرف مدى توافرها وأين يقل وجودها، ولكن هناك على الأقل، فرصة قائمة هي أن إحدى السفينتين ڤوييچر ستوقفها في المستقبل البعيد سفينة فضاء أجنبية غريبة عنا وتفحصها.

وبناء على ذلك، عندما غادرت كل سفينة من سفينتي ڤوييچر كوكب الأرض، منطلقة للكواكب والنجوم، حملت معها جهاز بيك أب ذهبي ملفوف بغلاف ذهبي مبطن بمرايا، ويشتمل، من بين أشياء أخرى، على كلمة التحية بتسع وخمسين لغة من لغات البشر ولغة واحدة من لغات الحيتان، بالإضافة إلى رسالة صوتية لمدة 12 دقيقة تشمل قبلة وصرخة طفل وتسجيل EEG لتأملات امرأة شابة في حالة حب، علاوة على 116 صورة مُشفرة حول

علومنا وحضارتنا وأنفسنا؛ و90 دقيقة من تسجيلات الأغنيات الأكثر نجاحا في كوكب الأرض ـ شرقية وغربية، كلاسيكية وشعبية، ومن بينها أغنية ليل نافاجو، ومقطوعة شاكو هاشي اليابانية، وأغنية للشعائر التي تلقيها فتيات الأقزام، وأغنية زفاف من بيرو؛ وقطعة موسيقية عمرها ثلاثة آلاف سنة للتشين تسمى «الجداول المتدفقة»؛ فضلا عن موسيقى باخ وبيتهوفن وموتسارت وسترافنسكي ولويس أرمسترونج وبلند ويلي جونسون و«جوني ب. جودي» لتشوك بيري.

الفضاء فارغ تقريبا. ولا توجد عمليا أي فرصة كي تدخل إحدى السفينتين فوييجر إلى منظومة شمسية أخرى ـ ويصدق هذا القول حتى إذا كان كل نجم في السماء مصحوبا بكواكب. التعليمات الموجودة بغلاف الأسطوانات مدونة بما نعتقد أنه لغة هيروغليفية علمية يسيرة قابلة للإدراك، يمكن قراءتها، كما يمكن فهم محتويات الأسطوانات إذا ما استطاعت فقط كائنات أخرى، في مكان ما في المستقبل البعيد، أن تجد فوييجر في أعماق الفضاء الواقع بين النجوم. ونظرا لأن السفينتين فوييجر ستدوران بالضرورة وإلى الأبد حول مركز درب التبانة، فهناك متسع من الوقت للعثور على الأسطوانات ـ إذا ما كان هناك في الخارج من سيتمكن من تحقيق هذا الاكتشاف.

ولا يمكننا معرفة قدر ما يمكن أن يفهموه من هذه الأسطوانات. فكلمات الترحيب ستكون مبهمة بالتأكيد، ولكن نواياها قد لا تبدو كذلك. (لقد اعتقدنا أنه من غير اللائق ألا نقول أهلا). ومن المؤكد أن هؤلاء الغرباء، الذين نفترض وجودهم، يختلفون عنا ـ لأنهم نشأوا في عالم آخر بصورة مستقلة. فهل نحن على يقين من إمكان فهمهم لأي من رسائلنا؟ يساورني هذا القلق دائما، ولكنني أكرر لنفسي مؤكدا: بغض النظر عن عدم فهم أسطوانات فوييجر ، فأي سفينة غريبة عنا تعثر عليها سيكون لديها معيار آخر للحكم علينا. إن كلا من السفينتين في حد ذاته رسالة. رسالة في هدفها الاستكشافي، وفي طموح أهدافها الشامخ، وفي افتقادها الكامل لأي نية إحداث أضرار، وفي ذكاء تصميمها وأدائها ـ إن هاتين السفينتين الروبوت تتحدثان ببلاغة عنا.

ولكن هذا يتوقف على أن لديهم علماء ومهندسين أكثر تقدما منا بكثير

ـ وإلا فلن يتمكنوا أبدا من اكتشاف وإحياء سفينة الفضاء الصغيرة الصامتة التي تتحرك في الفضاء الواقع بين النجوم ـ وربما لن يجدوا صعوبة في فهم ما قمنا بتشفيره على هذه الأسطوانات الذهبية. ربما سيتعرفون على تجربة مجتمعنا وعدم التوافق بين تكنولوچياتنا وحكمتنا. وقد يتساءلون هل دمرنا أنفسنا منذ أطلقنا ڤوييچر أم واصلنا الطريق نحو أشياء أعظم؟

أو ربما لن يعترض أحد سبيل الأسطوانات أبدا. وربما لن يكتشف أحد وجودها على مدى خمسة بلايين سنة. إن خمسة بلايين عاما تعد فترة طويلة، وخلالها إما سينقرض كل البشر، أو يتطورون إلى كائنات أخرى، وربما لن يبقى أي من الأشياء التي قمنا بصنعها. أما القارات، فربما تتبدل أو تدمّر بلا تمييز وربما يؤدي تطور الشمس إلى إحراق كوكب الأرض وتحويله إلى رقائق هشة، أو يقلصها إلى دوامة من الذرات.

وبعيدا عن الوطن، ودون أن تمسهما هذه الأحداث، ستبقى السفينتان ڤوييچر تحلقان حاملتان معهما ذكريات عالم لم يعد موجودا.

10

السواد المقدس

السماء العميقة، من بين كل الانطباعات المرئية، هي أقرب ما يمكن للشعور.
صمويل تيلور كوليريدج

إن زرقة صباح خال من السحب في شهر مايو، أو اللونين الأحمر والبرتقالي لغروب الشمس في البحر، دفعت البشر إلى التعجب، وأثارت فيهم الشعر، وحرضتهم على العلم. وبغض النظر عن أين يعيش كل منا على كوكب الأرض، وبغض النظر عن لغاتنا وعاداتنا وسياساتنا، فإننا نتقاسم جميعا السماء. ويتوقع غالبيتنا أن اللون اللازوردي سيختفي لسبب وجيه، لنصحو ذات مرة مع شروق الشمس، فنجد سماء بلا سحب، بعدما كانت سوداء أو صفراء أو خضراء. (لقد اعتاد سكان لوس انجليس ومدينة المكسيك السماء بنية اللون اما سكان لندن وسياتل، فقد اعتادوا السماء رمادية اللونـ ولكنهم مايزالون يعتبرون اللون الأزرق النموذج الكوكبي).

ومع ذلك، فهناك عوالم سماواتها سوداء أو صفراء، وربما حتى خضراء. ولون السماء يعد من سمات العالم وخصائصه. إلقني بقوة على أي كوكب في المنظومة الشمسية، من دون إحساس بالجاذبية، ودون إلقاء نظرة خاطفة على كوكب الأرض، بل دعني ألقي نظرة سريعة على الشمس والسماء، وعندئذ أعتقد أن بمقدوري أن أخبرك أين أكون.

إن هذا الظل المألوف، للون الأزرق الذي تقطعه هنا وهناك سحب بلون الصوف الأبيض، هو علامة على عالمنا. وهناك تعبير فرنسي هو - Sacre bleu! يترجم تقريبا «السماوات الطيبة» [1]، ويعني حرفيا وحقا «الزرقة المقدسة!». وإذا ما جاء يوم وصنعنا علما لكوكب الأرض، ينبغي أن يصبح بهذا اللون.

إن الطيور تطير عبر هذه الزرقة، والسحب مدلاة منها، والبشر يعجبون بها وينفذون إليها بصورة روتينية، كما أن الضوء القادم من الشمس والنجوم يتذبذب خلالها. ولكن، ما هي؟ مم صنعت؟ وأين تنتهي؟ كم قدر الموجود منها؟ من أين تأتي كل هذه الزرقة؟ وإذا كانت مكانا مشتركا للبشر كافة، وإذا كانت تميز عالمنا، فبالتأكيد يجب أن نعرف عنها كل شيء. ما هي السماء؟

في أغسطس 1957، ارتفع الإنسان، وللمرة الأولى، فوق هذه الزرقة ونظر حوله عندما أصبح ديڤيد سيمسونس، وهو ضابط متقاعد في القوات الجوية وطبيب، أعلى إنسان في التاريخ. لقد طار بمفرده في بالون على ارتفاع يزيد عن 100 ألف قدم (30 كيلومترا) ولمح من خلال نوافذه السميكة سماء مختلفة. وهو الآن، أستاذ بكلية الطب في إرفين، بجامعة كاليفورنيا. ويتذكر د. سيمسونس السماء المختلفة باعتبارها سقفا مظلما من اللون البنفسجي الغامق. لقد وصل إلى منطقة انتقالية، حيث تغلب سواد الفضاء التام على الزرقة التي نراها من مستوى الأرض.

ونظرا لأن سيمسونس قد نسي الطيران تقريبا، فقد طار أناس كثيرون من أمم عدة فوق الغلاف الجوي. ويبدو الآن واضحا من الخبرة البشرية (وتجربة الروبوت) المتكررة والمباشرة أن سماء النهار لونها أسود في الفضاء. إن الشمس تشرق ساطعة على سفينتك. وكوكب الأرض مضاء أسفلك بتألق. لكن السماء فوقك سوداء مثل الليل.

ما يلي، هو الكلمات الجديرة بالذكر، التي وصف بها جاجارين ما رآه من على أول سفينة فضاء للجنس البشري خارج الكوكب، السفينة فوستوك 1، في 12 أبريل 1961:

«السماء سوداء تماما، وفي مواجهة خلفية هذه السماء السوداء تبدو النجوم أكثر إشراقا وأكثر وضوحا ولكوكب الأرض صفة مميزة جدا، هي

الهالة الزرقاء رائعة الجمال التي يمكن رؤيتها جيدا عند مراقبة الأفقـ هنا يبدو تحول لوني لطيف من الأزرق الفاتح، إلى الأزرق، فالأزرق الداكن والأرجواني، ثم إلى اللون الأسود- الغطيس للسماء. إنه انتقال يتسم بجمال باهر.

ويبدو بوضوح أن سماء النهار- كل هذه الزرقة- ترتبط بشكل ما بالهواء. ولكنك عندما تنظر عبر مائدة الإفطار، لا تجد صاحبتك (دائما) زرقاء، إن لونها يعد خاصية لكمية كبيرة من الهواء، وليس لقدر ضئيل منه، وإذا نظرت من الفضاء نحو كوكب الأرض عن قرب، فإنك تراها محاطة بشريط رفيع من الزرقة، يماثل سمكه سمك الغلاف الجوي السفلي، والحقيقة أنه الغلاف الجوي السفلي. وعلى قمة هذا الشريط، يمكنك أن تميز السماء الزرقاء التي يتلاشى لونها تدريجيا في سواد الفضاء. هذه هي المنطقة الانتقالية، التي كان سيمسونس أول من دخلها، وجاجارين أول من رآها من أعلى. وأنت، خلال الطيران الفضائي المعتاد تبدأ من أسفل الزرقة، وتخترقها تماما بعد دقائق قليلة من الإقلاع، وتدخل بعدئذ إلى عالم بلا حدود، يستحيل فيه وجود أي نسمة بسيطة من الهواء من دون تلك النظم المعدة للمساعدة على الحياة. إن الحياة الإنسانية تعتمد في وجودها ذاته على السماء الزرقاء. ولنا كل الحق في أن نعتبرها حنونة ومقدسة.

إننا نرى الزرقة في النهار، لأن ضوء الشمس يطرد الهواء من حولنا ومن فوقنا. وفي ليل بلا سحب، نرى السماء سوداء حيث لا يوجد مصدر كثيف للضوء يكفي لتحقيق انعكاس الهواء. إن الهواء، بشكل ما، يعمل بطريقة تمييزية على تحقيق ارتداد اللون الأزرق نحونا، إلى أسفل. ترى، كيف يحدث ذلك؟

إن الضوء المرئي القادم من الشمس يأتي في ألوان متعددةـ بنفسجي، أزرق، أخضر، أصفر، برتقالي، أحمر- وفقا للضوء الخاص بمختلف أطوال الموجات (طول الموجة هو المسافة من الذروة للذروة، عندما تسافر الموجة عبر الهواء أو الفضاء). وأقصر أطوال موجات هي موجات الضوء البنفسجي والأزرق، في حين موجات اللونين البرتقالي والأحمر هي الأطول. وما ندركه باعتباره لونا، هو كيفية قراءة عيوننا وأمخاخنا لأطوال موجات الضوء. (وربما كان بإمكاننا ترجمة أطوال موجات الضوء إلى نغمات مسموعة،

مثلا، وليس ألوانا مرئية- ولكن حواسنا لم تتطور على هذا النحو).

وعندما يتم مزج جميع ألوان قوس قزح، وهي ألوان الطيف كما هو الحال بالنسبة لضوء الشمس، فإنها تبدو بيضاء تقريبا. وتسافر هذه الموجات معا في مدة قدرها 8 دقائق عبر المسافة الفضائية الفاصلة، من الشمس إلى كوكب الأرض والتي تبلغ 93 مليون ميل (150 مليون كيلومتر)، وترتطم الموجات بالغلاف الجوي، الذي يتكون غالبا من جزيئات النيتروجين والأكسجين. وينعكس بعضها عن طريق الهواء عائدا إلى الفضاء. ويرتد بعضها قبل وصول الضوء إلى كوكب الأرض، وهذه هي الموجات التي يمكن لمقلة العين أن تستبينها. (ترتد بعض الموجات أيضا من السحب أو السطح عائدة إلى الفضاء). ويطلق على ارتداد موجات الضوء في الغلاف الجوي اسم «التشتت».

ولكن الموجات لا تتشتت بقدر متساو بواسطة جزيئات الهواء. فالموجات ذات الأطوال التي تزيد كثيرا عن حجم الجزيئات تتشتت بقدر أقل، إنها تتدفق فوق الجزيئات، وتتأثر بالكاد بوجودها. أما الموجات ذات الأطوال التي تقترب من حجم الجزيئات فتتشتت بقدر أكبر. والموجات تتجشم عناء تجاهل العقبات التي تماثلها في الحجم. (ويمكنك أن تلاحظ هذا في موجات الماء التي تتشتت عن طريق دعائم الجسور، أو موجات حوض الاستحمام الناجمة عن تساقط قطرات المياه من الصنبور عندما تصطدم في الحوض ببطة من المطاط). وبالنسبة للموجات ذات الأقصر، مثل التي تحسها كضوء بنفسجي أو أزرق، فإنها تتشتت على نحو أكثر كفاءة من الموجات الأطول- مثل التي تحسها كضوء برتقالي أو أحمر. وإذا نظرنا إلى أعلى، في يوم بلا سحب، وأعجبتنا السماء الزرقاء، فإننا بذلك نشهد التشتت التفضيلي للموجات القصيرة في ضوء الشمس، وهو ما يطلق عليه اسم تشتت رايلي نسبة إلى اسم الفيزيائي الإنجليزي الذي قدم أول تفسير متماسك لهذه المسألة. ونلاحظ أن دخان السجائر لونه أزرق للسبب نفسه: فالجزيئات التي يتكون منه صغيرة مثل طول موجة الضوء الأزرق.

إذن، لماذا يتخذ غروب الشمس اللون الأحمر؟ إن اللون الأحمر المرتبط بغروب الشمس هو ما تبقى من ضوء الشمس بعد أن قام الهواء بتشتيت اللون الأزرق بعيدا. ومادام الغلاف الجوي ليس سوى غطاء رقيق من غاز

مترابط بفعل الجاذبية، يحيط بكوكب الأرض الصلب، فإن ضوء الشمس لابد أن يمر خلال ممر مائل من الهواء، أطول في فترة الغروب (أو الشروق)، عنه في فترة الظهيرة. مادامت موجات البنفسجي والأزرق يزداد تشتتها أثناء ممرها الحالي خلال الهواء، عندما تكون الشمس فوق الرأس فإن ما نراه عندما ننظر تجاه الشمس هو بقية موجات ضوء الشمس- الموجات التي تكاد لا تتشتت بعيدا، وعلى نحو خاص موجات اللون البرتقالي والأحمر. إن السماء الزرقاء تؤدي إلى غروب أحمر. (وتميل شمس الظهيرة إلى اللون الأصفر، ويرجع ذلك جزئيا لأنها تبعث من الضوء الأصفر ما يزيد قليلا عن الألوان الأخرى، وجزئيا لأن بعض الضوء الأزرق، مع وجود الشمس فوق الرأس يتشتت خارج أشعة الشمس عن طريق الغلاف الجوي لكوكب الأرض).

يقال في بعض الأحيان إن العلماء لا يتسمون بالرومانتيكية، وإن عواطفهم المتجهة نحو الاكتشاف تسلب العالم من جماله وغموضه. ولكن، أليس من المثير أن ندرك كيف يعمل العالم، وأن نفهم أن الضوء الأبيض ناشئ عن ألوان عدة، وأن اللون هو الطريقة التي ندرك بها أطوال موجات الضوء، وأن الهواء الشفاف يعكس الضوء، مفرقا بذلك بين الموجات، وأن السماء زرقاء لسبب إحمرار غروب الشمس نفسه؟ إن معرفة القليل عن غروب الشمس لا تضر بشاعريته.

ومادام أغلب الجزيئات البسيطة تتساوى تقريبا في أحجامها (حوالي مليون من السنتيمتر)، فإن زرقة سماء كوكب الأرض لا تعتمد كثيرا على المادة المصنوع منها الهواء- حيث إن الهواء لا يمتص الضوء. كما أن جزيئات الأكسجين والنيتروجين لا تمتص الضوء المرئي، بل تعمل فقط على ارتداده بعيدا في اتجاه آخر. ومع ذلك، يمكن أن تلتهم جزيئات أخرى الضوء. فأكاسيد النيتروجين- التي يجري إنتاجها في المحركات ذاتية الحركة وفي النيران الناجمة عن الصناعة - تعتبر مصدر اللون البني المظلم للضباب الدخاني. حيث تمتص أكاسيد النيتروجين (المكونة من أكسجين ونيتروجين) الضوء بالفعل. إن الامتصاص، وأيضا التشتت، يمكن أن يلونا السماء.

ثمة عوالم أخرى وسماوات أخرى هي عطارد، وقمر كوكب الأرض، وأغلب توابع الكواكب الأخرى تعد عوالم صغيرة. ويرجع ذلك إلى جاذبيتها

الضعيفة وعدم قدرتها على الاحتفاظ بأغلفتها الجوية ـ والتي بدلا من ذلك، تسيل في الفضاء. الفراغ الفضائي القريب، يصل إذن، إلى أسطح هذه العوالم. وضوء الشمس يرتطم بأسطحها دون عائق، ولا يتعرض للتشتت أو الامتصاص طوال الطريق. وبالتالي فإن سماوات هذه العوالم لونها أسود، حتى في فترة الظهيرة. ولم يشاهد هذه الظاهرة، حتى الآن، وللمرة الأولى، سوى 12 إنسانا فقط، هم طاقم الهبوط على سطح القمر للسفن الفضائية أبوللو 11 و12 و14 ـ 17.

وفيما يلي جدول يضم قائمة كاملة بتوابع المنظومة الشمسية ـ وهي التوابع المعروفة حتى كتابة هذه الكلمات. (وجدير بالذكر، أن ڤوييچر اكتشفت نصف هذه التوابع تقريبا). وجميع سماوات هذه التوابع ـ ما عدا تيتان، وهو من توابع زحل؛ وربما تريتون، وهو من توابع نبتون؛ وهما ذوا حجم كبير يتيح وجود غلاف جوي. كما يضم الجدول الكويكبات السيارة أيضا.

اثنان وستون عالما من أجل الألفية الثالثة: الأقمار المعروفة للكواكب (وواحد من الكويكبات السيارة) ـ مرتبة طبقا لبعدها عن كوكبها

الأرض، 1	المريخ، 2	إيدا، 1	المشتري، 16	زحل، 18	أورانوس، 15	نبتون، 8	بلوتو، 1
القمر	فوبوس	داكتيل	ميتيس	بان	كورديليا	ناياد	شارون
	ديموس		أدراستيا	أتلاس	أوفيليا	ثالاسا	
			أمالثيا	بروميثيوس	بيانكا	دسبينا	
			ثيبي	باندورا	كريسيدا	جالاتيا	
			إيو	إيبيمثيوس	ديدمونا	لاريسا	
			إيوروبا	چانوس	چولييت	بروتيوس	
			جانيميد	ميماس	بورشيا	تريتون	
			كاليستو	إنكيلادوس	روزاليند	نيريد	
			ليدا	تيثيس	بيلندا		
			هيماليا	تليستو	بك		
			ليسيثيا	كاليبسو	ميراندا		
			إيلارا	ديون	أرييل		
			أنانكي	هيلين	أومبريل		
			كارمي	رهيا	تيتانيا		
			باسيفي	تيتان	أوبيرون		
			سينوب	هيبريون			
				لابيتوس			
				فويبي			

إن الهواء على كوكب الزهرة يزيد حوالي 90 مرة عن هواء كوكب الأرض. ولكن هواء الزهرة لا يتكون معظمه من الأكسجين والنيتروجين، كما هو الحال على كوكب الأرض- بل يتكون من ثاني أكسيد الكربون. غير أن ثاني أكسيد الكربون لا يمتص أيضا الضوء المرئي. فكيف يمكن، إذن، أن تبدو السماء من على سطح كوكب الزهرة إن لم يكن لدى الكوكب سحب؟ مع وجود هذا الغلاف الجوي الضخم جدا في طريق الموجات، لا تشتت الموجات البنفسجية والزرقاء فحسب، وإنما جميع الألوان الأخرى كذلك- الأخضر، والأصفر، والبرتقالي، والأحمر. بيد أن الهواء سميك جدا، حتى أنه يصعب وصول أي ضوء أزرق إلى السطح، إنه يشتت للخلف، نحو الفضاء، عن طريق ارتدادات متعاقبة إلى أعلى. وبالتالي، فإن الضوء الذي يصل إلى السطح ينبغي أن يكون ضاربا بقوة إلى اللون الأحمر- مثل غروب الشمس على امتداد السماء بمجملها. وعلاوة على ذلك، فإن الكبريت في السحب العالية سوف يصبغ السماء باللون الأصفر. إن الصور التي التقطتها سفن الهبوط السوفييتية ڤينيرا تؤكد أن سماوات كوكب الزهرة مخضبة باللون الأصفر البرتقالي.

أما كوكب المريخ فهو قصة أخرى، إنه عالم أصغر من كوكب الأرض، وغلافه الجوي أرق بكثير. والضغط على سطحه يماثل، في الواقع ، الضغط عند ارتفاع الستراتوسفير الذي وصل إليه سيمسونس، وبالتالي، يمكننا أن نتوقع أن يكون لون سماء المريخ أسود أو أسود أرجوانيا. وقد أمكن الحصول على أول صورة ملونة من على سطح المريخ في يوليو 1976 عن طريق سفينة الهبوط الأمريكية ڤايكنج-١، وهي أول سفينة فضاء تهبط بنجاح على سطح الكوكب الأحمر. وقد تم إرسال البيانات الرقمية عبر الراديو من المريخ إلى كوكب الأرض، ثم قام الكمبيوتر بتجميع الصورة الملونة. ولدهشة جميع العلماء تحديدا وليس غيرهم، فإن أول صورة أذن بنشرها في الصحف أظهرت سماء المريخ مريحة وزرقاء مثل سماء وطننا- وهو الأمر المستحيل بالنسبة لكوكب له هذا الغلاف الجوي الضعيف. وهو ما يعني أن خطأ ما قد حدث.

إن الصورة في جهاز تلفزيونك الملون هي مزيج من ثلاث صور كل منها ذات لون واحد، وكل منها ذات لون مختلف من ألوان الضوء- أحمر، أو

أخضر، أو أزرق. ويمكنك أن ترى هذه الطريقة في التكوين اللون في أنظمة الإسقاط بالڤيديو، التي تسقط حزما منفصلة من أشعة الضوء الأحمر والأخضر والأزرق، لتوليد صورة كاملة الألوان (بما فيها درجات الأصفر). وللحصول على اللون الصحيح، يحتاج جهازك إلى خلط أو موازنة هذه الصور الثلاث أحادية اللون، على نحو صحيح. فإذا قمت بتقوية شدة الأزرق، مثلا، ستبدو الصورة شديدة الزرقة. وجدير بالذكر، أن أي صورة آتية من الفضاء تتطلب تحقيق مثل هذا التوازن اللوني. وعادة ما يترك قدر التعقل والحذر المطلوب لتقرير هذا التوازن إلى محللي الكمبيوتر. والمحللون على السفينة ڤايكنج لم يكونوا من علماء فلك الكواكب. ولذا، مع أول صورة ملونة من المريخ، مزجوا الألوان ببساطة حتى تبدو «صحيحة». وبحكم ارتباطنا الشديد بخبرتنا على كوكب الأرض فإن «الصحيح» من الألوان بالنسبة لنا هو اللون الأزرق بطبيعة الحال. وسرعان ما تم تصحيح لون الصورة ـ باستخدام مقاييس المعايرة اللونية المعدة لمثل هذا الغرض تحديدا، على متن سفينة الفضاء ـ حيث أوضح التكوين الناتج عدم وجود سماء زرقاء على الإطلاق، بل بالأحرى شيء بين الأصفر والبمبي. وليس اللون الأزرق بل بالكاد لون أسود أرجواني أيضا.

هذا هو اللون الصحيح لسماء المريخ. والكثير من سطح المريخ صحراء ـ ولونه أحمر لأن الرمال صدئة. وأحيانا تهب عواصف رملية عنيفة، ترفع الجزيئات الدقيقة من السطح عاليا إلى الغلاف الجوي. ويستغرق سقوطها مرة أخرى فترة طويلة، وقبل أن تنظف السماء نفسها تماما، تهب عادة عاصفة رملية جديدة. والعواصف الرملية الشاملة، أو شبه الشاملة، تهب عادة كل سنة مريخية، ونظرا لأن الجزيئات الصدئة تبقى معلقة دائما في السماء، فإن أجيال المستقبل من البشر ـ التي سوف تولد وتعيش حياتها على المريخ ـ ستعتبر هذا اللون، الذي يماثل لون السلمون، طبيعيا ومألوفا، كما نعتبر نحن اللون الأزرق السماوي لدينا. ومن لمحة واحدة خاطفة إلى سماء النهار، ربما سيقدرون على تحديد الزمن الذي مر منذ هبوب آخر عاصفة رملية كبرى.

الكواكب في المنظومة الشمسية الخارجية ـ المشتري، وزحل، وأورانوس، ونبتون ـ تعتبر من نوع مختلف، فهي عوالم تتسم بضخامتها وأغلفتها الجوية

العملاقة، التي تتكون في الغالب من الهيدروجين والهيليوم. كما أن أسطحها الصلبة شديدة العمق نحو الداخل حتى أنها لا تسمح باختراق أشعة الشمس لها على الإطلاق. وأسفل هذه الأسطح تكون السماء سوداء، وبلا توقع لشروق الشمس وربما يضاء ليلها الأبدي، الخالي من النجوم، في بعض الأحيان، عن طريق صاعقة من البرق. ولكن هناك، في أعلى، عند الغلاف الجوي، حيث يصل ضوء الشمس، يوجد مشهد خلاب في انتظارنا.

وعلى المشتري، وفوق طبقة الضباب شاهقة الارتفاع، التي تتكون من جزيئات جليد الأمونيا (وليس الماء) تكون السماء سوداء تقريبا. وعند ارتفاع أقل في منطقة السماء الزرقاء توجد سحب متعددة الألوان– من مختلف ظلال الأصفر- البني، وتركيبها غير معروف. (تشتمل المواد المرشحة على كبريت، وفوسفور، وجزيئات عضوية معقدة). وإذا ما توغلنا لأسفل، ستبدو السماء حمراء بنية، في حين يختلف سمك سحبها. وأينما تكون السحب رقيقة يمكنك أيضا أن ترى رقعة من اللون الأزرق. وإذا ما توغلنا بصورة أعمق، فإننا نعود بالتدريج إلى الليل الأبدي. ويصدق شيء مشابه على كوكب زحل، وإن كانت الألوان هناك أخف كثيرا.

يتميز كوكب أورانوس، وأيضا كوكب نبتون على الأخص، بلون غريب، أزرق قاتم، تحمل خلاله السحب بعضها لونها ضارب للبياض قليلا- عن طريق رياح عالية السرعة. ويصل ضوء الشمس إلى غلاف جوي نظيف نسبيا، مكون في الغالب من الهيدروجين والهيليوم، ولكنه غني أيضا بالميثان. وتمتص ممرات طويلة من الميثان الضوء الأصفر، والضوء الأحمر على الأخص، في حين يتم ترشيح اللونين الأخضر والأزرق من خلالها ويزيل الضباب الهيدروكربوني الرقيق بعضا من الزرقة. وربما يوجد عمق تكون السماء عنده ضاربة للون الأخضر.

وترى الحكمة التقليدية أن الامتصاص، عن طريق الميثان، فضلا عن تشتت رايلي لضوء الشمس عن طريق الغلاف الجوي العميق، يتسببان معا في وجود الألوان الزرقاء على كوكبي أورانوس ونبتون. ولكن تحليل كيفين بينز، بمختبر الدفع النفثي، لبيانات ڤوييچر يوضح عدم كفاية هذه الأسباب. كما يبدو جليا وجود وفرة من المادة الزرقاء على عمق كبير- ربما في المناطق المجاورة للسحب التي من المفترض أنها تتكون من كبريتيد الهيدروجين.

وحتى الآن لم يتمكن أحد من تحديد السبب. فالمواد الزرقاء شديدة الندرة في الطبيعة، وكما يحدث دائما في العلم، فإن الغموض يتبدد ليحل محله غموض جديد. ولكننا، عاجلا أم آجلا، سنجد الإجابة على هذه المسألة أيضا.

إن جميع العوالم التي لديها سماوات غير سوداء بها أغلفة جوية. فإذا ما وقفت فوق السطح، وكان هناك غلاف جوي سميك يكفي للرؤية، فربما توجد طريقة للطيران خلاله. ونحن نرسل الآن أدواتنا للطيران في السماوات متنوعة الألوان للعوالم الأخرى. وفي يوم ما، سنذهب بأنفسنا.

لقد استخدمنا بالفعل المظلات في الأغلفة الجوية لكوكبي الزهرة والمريخ، ومن المخطط استخدام الأسلوب نفسه بالنسبة للمشتري وتيتان. وفي العام 1985، طار بالونان فرنسيان- سوفييتيان عبر السماوات الصفراء لكوكب الزهرة. وقام البالون فيجا-1، الذي يصل عرضه لحوالي أربعة أمتار، بتدلية حزمة من الأدوات لمسافة 13 مترا لأسفل. وقد انتفخ البالون في نصف الكرة الليلي، وطفا حوالي 54 كيلومترا فوق السطح، كما ظل يبث بيانات لمدة يومين أرضيين قبل أن تضعف بطارياته. لقد قطع، في تلك الفترة، 11600 كيلومتر (حوالي 7 آلاف ميل) فوق سطح ككوكب الزهرة. أما البالون فيجا- 2، فله تقريبا مواصفات مطابقة. كما استخدمنا الغلاف الجوي للزهرة أيضا في تغيير مدار سفينة الفضاء ماجلان، عن طريق الاحتكاك بالهواء الثقيل- وهذه تكنولوجيا مستقبلية أساسية لتحويل سفن الفضاء المحلقة فوق المريخ إلى سفن دوارة وسفن هبوط.

ومن المقرر إطلاق بعثة إلى المريخ في العام 1998، بقيادة روسيا، تضم بالونا فرنسيا ضخما من الهواء الساخن- يشبه إلى حدما قنديل بحر ضخم أو محارب برتغالي. ومن المقرر أن تغوص في سطح المريخ عند كل فترة شفق بارد ثم ترتفع عاليا عندما تسخن في اليوم التالي عن طريق ضوء الشمس. والرياح شديدة السرعة، بحيث إذا سارت الأمور بصورة جيدة فإنها ستظل محمولة لمئات الكيلومترات يوميا، وتحجل وتتخطى القطب الشمالي. وفي الصباح الباكر، وعندما تقترب من السطح، فإنها ستحصل على صور ذات درجة وضوح عالية جدا فضلا عن عديد من البيانات. وللبالون حبل دليل معين، يمثل أهمية بالنسبة لاتزانهم وقد قدمت الفكرة

وتصميمها من جانب الجمعية الكوكبية- وهي إحدى المنظمات ذات العضوية الخاصة التي تأسست في باسادينا بكاليفورنيا.

ونظرا لأن الضغط السطحي على المريخ يماثل تقريبا الضغط على سطح كوكب الأرض عند ارتفاع 100 ألف قدم، فإننا نعرف أن الطائرات تستطيع الطيران هناك. إن طائرة U-2، على سبيل المثال، أو بلاك بيرد SR-71، تقترب بصورة روتينية من هذا الضغط المنخفض. وقد صممت طائرة ذات أجنحة أطول من أجل المريخ.

إن حلم الطيران وحلم السفر عبر الفضاء حلمان توأمان، جرى تخيلهما في أذهان أشخاص حالمين، ويعتمد كلاهما على تكنولوجيات مرتبطة بعضها ببعض، ويتطوران معا تقريبا. ولأن الحدود العملية والاقتصادية المتفق عليها فيما يتعلق بالطيران على كوكب الأرض قد تم بلوغها لذا يبرز إمكان الطيران عبر السماوات متعددة الألوان للعوالم الأخرى.

ويبدو من الممكن الآن تقريبا تحديد تكوينات لونية، ارتكازا على ألوان السحب والسماء. لكل كوكب من كواكب المنظومة الشمسية- من سماوات الزهرة التي تصطبغ بالكبريت، وسماوات المريخ الصدئة، إلى لون أورانوس الأزرق المخضر، والزرقة المنومة غير الأرضية لسماوات نبتون. الأصفر- المقدس، والأحمر- المقدس، والأخضر- المقدس. وربما تزين هذه الألوان ذات يوم أعلام طلائع البشرية المنتظرين في المنظومة الشمسية. وعندئذ ستمتد الحدود الجديدة من المنظومة الشمسية إلى النجوم، ويحاط المستكشفون بالفضاء الأسود اللانهائي. السواد المقدس.

١١ نجمة الصباح والمساء

يمكنك أن تراها مضيئة بلمعان في الشفق، تطارد الشمس النازلة إلى الأفق الغربي. ولدى أول نظرة خاطفة عليها في كل ليلة، اعتاد الناس أن يتمنوا أمنية («متوسلين بنجم»)، وأحيانا تتحق الأمنية.

كما يمكنك أن تراقبها جهة الشرق قبل الفجر، وهي تفر أثناء شروق الشمس وبهذين التجسدين وبكونها، ألمع من أي شيء آخر في السماء، ماعدا الشمس والقمر، فقد عرفت باسم نجمة الصباح والمساء. إن أسلافنا لم يدركوها باعتبارها عالما، العالم نفسه غير البعيد أيضا عن الشمس، وذلك لأنها تدور في مدار حولها، داخلي بالنسبة لكوكب الأرض. وقبل غروب الشمس أو شروقها بالضبط، نراها أحيانا بالقرب من بعض السحب البيضاء الرقيقة الشفافة ولكننا اكتشفنا بعد ذلك وبطريق المقارنة، أن كوكب الزهرة لونه أصفر ليموني باهت.

إنك حين تحدق من خلال العدسة العينية للتلسكوب، لن يمكنك أن تتبين أي تفاصيل على الإطلاق ولا حتى من خلال تلسكوب كبير، وإن كان أكبر تلسكوب بصري على كوكب الأرض. وعلى مر الشهور، لن ترى سوى قرص بلا ملامح، يمر

هذا عالم آخر
ليس عالما للرجال
لي باي، «أسئلة وإجابات في الجبال»

بشكل منتظم عبر أطوار، مثل القمر: الزهرة، الزهرة على صورة هلال، الزهرة البدر، الزهرة المحدبة، الزهرة على صورة هلال من جديد. ولا توجد أي إشارة على وجود قارات أو محيطات.

إن علماء الفلك، الذين كانوا أول من شاهدوا الزهرة من خلال التلسكوب أدركوا على الفور أنهم يدرسون عالما مغلفا بالسحب. ونحن نعرف الآن أن هذه السحب هي قطرات من حامض الكبريتيك المركز المصطبغ باللون الأصفر عن طريق قليل من الكبريت الموجود على صورة عنصر منفرد. وتقع السحب أعلى السطح. ولا توجد في الضوء المرئي العادي، أي إشارة إلى شكل سطح الكوكب، الذي يبعد عن قمة السحاب بحوالي خمسين كيلومترا. ولقرون عدة، كانت التخمينات المتطرفة هي أفضل ما لدينا.

يمكن أن تحزر أنه لو كان بمقدورنا إلقاء نظرة أكثر دقة، فربما توجد ثغرات في السحب تكشف يوما بعد آخر عن طريق قطع وأجزاء السطح الغامض المختفي عادة عن نظرنا. ينتهي إذن زمن التخمينات. إن كوكب الأرض نصف مغطى، في المتوسط، بالسحاب. وفي الأيام الأولى لاستكشاف كوكب الزهرة لم نكن نرى أي سبب في أن الكوكب مغطى بنسبة 100٪ بالسحاب. ولو كانت نسبة غطاء السحب تصل إلى 90٪، أو حتى 99٪، لكانت القطع الظاهرة، قصيرة الوجود، قد قالت لنا الكثير.

وفي العامين 1960 و1961، تم إعداد السفينتين مارينر- 1و2، وهما أول سفن فضاء أمريكية تصمم لزيارة الزهرة. وكان هناك أولئك، مثلي، من يعتقدون بضرورة أن تحمل هاتان السفينتان كاميرات ڤيديو، حتى تتمكن من إرسال صور بالراديو إلى كوكب الأرض- وكانت ستستخدم التقنية نفسها بعد سنوات قليلة، عندما تقوم السفن رانچر- 7 و8 و9 بتصوير القمر في طريقها إلى الهبوط تحت ظروف قاسية- قام الأخير بعمل آخر صنع لعين الثور في فوهة الفونوسوس. ولكن الوقت كان قصيرا لمهمة كوكب الزهرة، والكاميرات كانت ثقيلة. وكان هناك من اعتبروا الكاميرات أدوات غير علمية، وتهريجا يهدف إلى تسلية الجمهور، وأنها لا تقدر على الإجابة المباشرة عن أي سؤال علمي مطروح بصورة جيدة. وفكرت في أن وجود ثغرات في السحب من عدمه هو أحد هذه الأسئلة. وكنت أجادل بأن الكاميرات تستطيع الإجابة أيضا عن تساؤلات كنا نصمت عن طرحها.

وكنت أجادل بأن هذه الصور هي الطريقة الوحيدة كي نوضح للجمهور الشيء المثير في مهمات الروبوت - ذلك الجمهور الذي كان مسؤولا، قبل كل شيء، عن الفاتورة، وعلى أي حال، لم تلحق بالسفن أي كاميرات، وفي المهمات التالية إلى هذا العالم على نحو خاص، ثبت الحكم التالي: حتى عند درجة وضوح عالية من طيران منخفض قريب، وفي الضوء المرئي يتبين عدم وجود ثغرات في سحب كوكب الزهرة بأكثر مما يوجد في سحب تيتان [1]. فهذان العالمان مغلفان على الدوام بدثار من السحاب.

وتظهر تفصيلة في ضوء الأشعة فوق البنفسجية، ولكن هذا يرجع إلى رقع الغيوم قصيرة الوجود، الموجودة على ارتفاعات شاهقة فوق السطح الأساسي للسحب. إن السحب العالية تدور حول الكوكب بدرجة أسرع كثيرا من دوران الكوكب ذاته: إنه دوران قوي جدا. وهكذا، لدينا فرصة لرؤية السطح في ضوء الأشعة فوق البنفسجية، وإن كانت فرصة صغيرة.

وعندما اتضح أن الغلاف الجوي لكوكب الزهرة أكثر سمكا من الغلاف الجوي لكوكب الأرض- وكما نعرف حاليا فإن الضغط على الزهرة يصل إلى 90 ضعفا قدر الضغط على كوكب الأرض- أصبح واضحا أيضا عدم إمكان رؤية السطح في الضوء المرئي العادي، حتى مع وجود ثغرات في السحب. وما يجعل ضوء الشمس القليل قادرا على شق طريقه المتعرج، خلال الغلاف الجوي الثقيل، نحو السطح، سوف يجعله قادرا على أن ينعكس ولكن الفوتونات ستختلط بغير نظام نتيجة التشتت المتكرر للجزيئات في الهواء السفلي، بحيث لا يمكن الاحتفاظ بأي صورة لملامح السطح. إنها حالة تماثل «البياض المخفي للتفاصيل» في عاصفة جليدية قطبية. ومع ذلك، فإن هذا التأثير- تشتت رايلي الشديد- يتقلص بسرعة مع تزايد طول الموجة، وفي ضوء الأشعة تحت الحمراء القريب، كان من السهل تقديره. إذ يمكنك أن ترى السطح عند وجود ثغرات في السحب، أو إذا كانت السحب شفافة.

وهكذا، ذهبت، في العام 1970، مع جيم بولاك وديف موريسون إلى مرصد ماكدونالد بجامعة تكساس، في محاولة لمراقبة كوكب الزهرة في الضوء القريب للأشعة تحت الحمراء. وزدنا حساسية الطبقة الحساسة للتصوير بدرجة مفرطة وعالجنا الصفائح الفوتوغرافية الزجاجية، عتيقة

الطراز [2] والجيدة بالأمونيا، وكنا أحيانا نقوم بتسخينها أو إنارتها لفترة وجيزة قبل تعريضها عن طريق التلسكوب للضوء القادم من كوكب الزهرة. ولفترة من الزمن، ظلت رائحة الأمونيا تفوح من أقبية مرصد ماكدونالد، لقد التقطنا صورا عدة . ولم تبين أي منها أي تفاصيل. وما توصلنا إليها هو أنه: إما أننا لم ندخل القدر الكافي من الأشعة تحت الحمراء، أو أن سحب الزهرة كانت معتمة أو دون فتحات في الضوء القريب للأشعة تحت الحمراء.

وبعد مرور ما يزيد عن عشرين عاما، قامت السفينة جاليليو، عند مرورها على ارتفاع منخفض بالقرب من الزهرة، باختبار الكوكب بدرجة وضوح وحساسية عاليتين، وبإدخال أطوال موجات، أكثر تقدما من الأشعة تحت الحمراء عما كنا نقدر على تحقيقه باستخدام الطبقات الحساسة الزجاجية البسيطة. وقد استطاعت السفينة جاليليو تصوير سلاسل جبلية كبيرة. كنا نعرف أنها موجودة، فقد استخدمنا قبل ذلك تكنولوجيات أكثر قوة: الرادار، وموجات الراديو التي اخترقت سحب الزهرة وغلافها الجوي السميك دون مجهود، وارتدت عن السطح، ثم عادت إلى كوكب الأرض، حيث تم تجميعها واستخدامها في إعداد الصور. وهو أول عمل تم إنجازه، بوجه خاص، عن طريق رادار أرضي أمريكي في محطة جولدستون التابعة لمختبر الدفع النفثي في صحراء موجافي، وفي مرصد ايرسيبو في بورتوريكو والذي قامت جامعة كورنيل بتشغيله. وبعد ذلك، قامت مهمات السفن الفضائية: بيونير- 12 الأمريكية، وفينيرا- 15 و16 السوفييتية، وماجلان الأمريكية بإدخال تلسكوبات الرادار إلى مدار حول كوكب الزهرة، ورسم خريطة للمكان من القطب للقطب، إن كل سفينة فضائية تقدر على بث إشارة رادار إلى السطح ثم التقاطها عند عودتها مرتدة. ومن الكيفية التي تعكس بها كل رقعة من السطح الإشارة، ومن الزمن الذي تستغرقه الإشارة للعودة (يكون أقصر عند ارتدادها من الجبال، وأطول عند ارتدادها من الوديان)، أمكن، ببطء واجتهاد، بناء خريطة تفصيلية للسطح كله.

وقد اتضح أن العالم الذي أمكن الكشف عنه بهذه الكيفية قد نحت بصورة عديمة النظير، عن طريق تدفقات الحمم البركانية (وبدرجة أقل بكثير عن طريق الرياح)، كما سترى في الفصل التالي، والآن، أصبح السحاب

والغلاف الجوي لكوكب الزهرة شفافين بالنسبة لنا، وزار الروبوت المستكشف الشجاع المرسل من كوكب الأرض عالما آخرا. ويجري الآن تطبيق تجربتنا مع كوكب الزهرة في أماكن أخرى وخاصة تيتان، حيث وللمرة الثانية، تخفي السحب صعبة الاختراق سطحا مبهما، وبدأ الرادار يعطينا إشارات وتلميحات عما قد يوجد في الأسفل.

لقد ظللنا ولفترة طويلة نعتبر كوكب الزهرة عالما شقيقا لعالمنا. إنه العالم الأقرب لكوكبنا الأرض. كما أن كتلته وحجمه وكثافته، فضلا عن جاذبيته تماثل تقريبا ما لدى كوكب الأرض. وهو أقرب قليلا للشمس عن كوكب الأرض، ولكن سحبه اللامعة تعكس من ضوء الشمس العائد للفضاء أكثر مما تعكسه سحبنا. وكتخمين أولي، يمكنك أن تتخيل أن الزهرة، أسفل تلك السحب المتكاتفة إنما تماثل كوكب الأرض كثيرا. لقد كانت التأملات العلمية المبكرة تتضمن وجود مستنقعات كريهة الرائحة تمتلئ بالبرمائيات المتوحشة، مثل كوكب الأرض في العصر الكربوني، وصحراء هائلة، وبحر نفطي شامل، ومحيط من ماء معدني فوار تتناثر عليه جزر ذات قشرة من الحجر الجيري، وبينما يرتكز هذا التأمل على بعض البيانات العلمية، فإن هذه «المخططات» لكوكب الزهرة ـ والتي يعود تاريخ أولها لبدايات القرن، وثانيا لأعوام الثلاثينيات، ويعود النموذجان الأخيران لمنتصف أعوام الخمسينيات ـ كانت تقل كثيرا عن قصص الخيال العلمي، التي تتقيد بالكاد بالبيانات الضئيلة المتناثرة المتاحة.

وبعدئذ، وفي العام 1956، نشر كورنيل هـ. ماير وزملاؤه تقريرا في «المجلة الفلكية الفيزيائية». أشاروا فيه إلى الانتهاء من تلسكوب راديوي حديث، شيد، إلى حد ما، لأغراض البحث التصنيفي ـ على سطح مختبر للبحوث البحرية في واشنطن العاصمة ـ الخاص بكوكب الزهرة، وقياس تدفق موجات الراديو التي تصل إلى كوكب الأرض. ولم يكن هذا التلسكوب رادارا: إذ لم ترتد عن كوكب الزهرة أي موجات راديو.

وكان يستمع إلى موجات الراديو التي تبثها الزهرة ذاتها إلى الفضاء. واتضح أن كوكب الزهرة أكثر لمعانا من خلفية النجوم والمجرات البعيدة. ولكن هذا الأمر لم يكن، في حد ذاته، مثيرا للدهشة. فكل شيء أدفأ من الصفر المطلق (ـ273 مئوية) يقوم بإخراج إشعاع عبر الطيف الإلكترو

مغناطيسي، بما في ذلك منطقة الراديو. وأنت، على سبيل المثال، تبعث موجات راديو عند حرارة فعالة أو «سطوع» تصل إلي حوالي 35 مئوية، فإذا كنت في محيط أبرد منك، فإن التلسكوب الراديوي الحساس يقدر على تتبع موجات الراديو الضعيف التي تبثها في كل الاتجاهات. إن كلا منا يعد مصدرا للاستاتيكية الباردة.

وفيما يتعلق باكتشاف السفينة، ماجلان، كان المثير للدهشة هو أن درجة سطوع كوكب الزهرة تزيد عن 300 مئوية، أي ما يزيد كثيرا عن درجة الحرارة السطحية لكوكب الأرض، أو درجة حرارة الأشعة تحت الحمراء، التي تم قياسها، لسحب الزهرة. وقد وصلت درجة حرارة بعض الأماكن على كوكب الزهرة إلى ما يزيد عن حرارة نقطة الغليان العادية للماء بحوالي 200 مئوية على الأقل . ماذا يعني ذلك؟

سرعان ما انهمر وابل من التفسيرات. وقد حاولت أن أبرهن على أن الإشارة الراديوية عن حرارة السطوع العالية كانت إشارة مباشرة عن سطح ساخن، وأن درجات الحرارة العالية ترجع إلى ثاني أكسيد الكربون الغزير/ تأثير دفيئة بخار الماء- حيث ينفذ بعض من ضوء الشمس من خلال السحب، ويسخن السطح. ولكن السطح يعاني من صعوبة إعادة إرسال الإشعاع للفضاء مرة أخرى، نتيجة العتمة الشديدة للأشعة تحت الحمراء لثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. ويجري امتصاص ثاني أكسيد الكربون في مدى من أطوال الموجات من خلال الأشعة تحت الحمراء، ولكن يبدو أن هناك «نوافذ» قائمة بين نطاقات امتصاص ثاني أكسيد الكربون، يمكن أن يبرد السطح من خلالها بسهولة طاردا الحرارة نحو الفضاء. ومع ذلك، يجرى امتصاص بخار الماء في ترددات من الأشعة تحت الحمراء تقابل جزئيا النوافذ في عتمة ثاني أكسيد الكربون. ويبدو لي أن الغازين يستطيعان معا، وبشكل جيد، امتصاص جميع انبعاثات الأشعة تحت الحمراء تقريبا، حتى وإن كان هناك القليل من بخار الماء ـ شيء ما يماثل سورين مانعين ضلع أحدهما موضوع، بالمصادفة، بحيث يغطي فجوات الثاني.

كانت توجد أيضا صنوف أخرى مختلفة من التفسيرات، لاترتبط فيها درجات حرارة السطوع العالية لكوكب الزهرة بسطحه. ومع هذا فمن الممكن أن يكون السطح معتدلا، ورحيما، وملائما. وكان يفترض وجود منطقة ما

في الغلاف الجوي لكوكب الزهرة، أو في المجال المغناطيسي المحيط به تقوم ببث موجات الراديو هذه إلى الفضاء. وقد أقترح حدوث تفريغات كهربية للشحنات بين قطرات المياه الصغيرة جدا في سحب كوكب الزهرة. كما اقترح حدوث تفريغ توهجي، يعاد فيه اندماج الأيونات والإلكترونات، عند الشفق والفجر في الغلاف الجوي العلوي، أما فكرة وجود غلاف أيوني شديد الكثافة، فقد لاقت من يدافعون عنها، حيث العجلة المتبادلة للإلكترونات المرتدة (انبعاث حر ـ حر) تؤدي إلى إطلاق موجات الراديو. (حتى أن أحد مؤيدي هذه الفكرة اقترح ـ أن التأمين العالي المطلوب كان نتيجة لمتوسط نشاط إشعاعي على كوكب الزهرة يزيد عما على كوكب الأرض بحوالي 10 آلاف مرة ـ ربما من جراء حدوث حرب نووية حديثة هناك). وعلى ضوء اكتشاف النشاط الإشعاعي للمجال المغناطيسي لكوكب المشتري، كان من الطبيعي اقتراح أن انبعاثات الراديو كانت تأتي من سحابة ضخمة من الجزيئات المشحونة المحصورة بفعل المجال المغناطيسي الشديد المفترض وجوده على كوكب الزهرة.

وفي سلسلة من الأوراق البحثية التي نشرتها في منتصف أعوام الستينيات ـ وكثير منها بالاشتراك مع جيم بولاك [3] ـ كانت هذه التصورات المتضاربة، بشأن منطقة الانبعاث الساخن العالية والسطح البارد، خاضعة لتحليل نقدي. ومنذ ذلك الحين، أصبح لدينا دليلان مهمان جديران: طيف الراديو القادم من كوكب الزهرة، والدليل الذي قدمته السفينة مارينر ـ 2 عن أن انبعاث الراديو كان شديدا عند مركز قرص الزهرة بدرجة أكبر مما عند الحواف. ومع حلول العام 1967، أصحنا قادرين على استبعاد التصورات البديلة، ببعض الثقة، والتوصل إلى أن درجة حرارة سطح كوكب الزهرة عالية جدا، بخلاف الحال على كوكب الأرض، وتزيد عن 400 مئوية ولكن الحجة كانت استنتاجية، وكانت هناك خطوات وسطية عدة. فقد كنا نتطلع إلى إجراء مزيد من القياسات المباشرة.

وفي أكتوبر 1967، وبمناسبة الاحتفال بالذكرى العاشرة للسفينة سبوتنيك ـ 1، أسقطت سفينة الفضاء السوفييتية فينيرا ـ 4 كبسولة داخل سحب كوكب الزهرة، أرسلت بيانات من الغلاف الجوي الساخن السفلي، ولكنها لم تبق موجودة حتى السطح. وفي يوم ما، بعد ذلك حلقت سفينة الفضاء

الأمريكية مارينر ـ 5 بالقرب من كوكب الزهرة، وكانت رسائلها الراديوية إلى كوكب الأرض تمر على سطح الغلاف الجوي بسرعة عند أعماق أكبر تدريجيا، وأعطى معدل ذبول الإشارة معلومات حول درجات الحرارة بالغلاف الجوي. وعلى الرغم من وجود بعض التناقضات (التي أمكن حلها فيما بعد) بين مجموعتي البيانات الواردة من سفينتي الفضاء، فقد أشارت كلتاهما بوضوح إلى الحرارة الشديدة التي يتسم بها سطح كوكب الزهرة.

ومنذ ذلك الحين، فإن سلسلة سفن الفضاء السوفييتية ڤينيرا، ومجموعة واحدة من سفن الفضاء الأمريكية، بدءا من بعثة السفينة بيونير ـ 12، دخلت في الغلاف الجوي العميق، أو هبطت على السطح، وقامت بإجراء قياسات مباشرة ـ عن طريق غرس ترمومتر ـ لقياس درجة حرارة السطح ودرجات الحرارة القريبة من السطح. وقد تبين أنها تصل إلى 470 مئوية، أي حوالي 900 فهرنهايت، ومع الأخذ بعين الاعتبارلبعض العوامل، مثل أخطاء المعايرة الخاصة بالتلسكوب الراديوي الأرضي وقدرة السطح النسبية على إطلاق الحرارة بالإشعاع (الابتعاثية السطحية)، اتضح أن عمليات الرصد الراديوي القديمة تتفق مع القياسات الجديدة المباشرة التي أجرتها السفن الفضائية.

إن السفن السوفييتية الأولى، المعدة للهبوط على أسطح الكواكب، صممت لاختراق أغلفة جوية تماثل بدرجة ما الغلاف الجوي لكوكب الأرض. وقد تحطمت هذه السفن، من جراء الضغط العالي، كما لو كانت وعاء معدنيا رقيقا في قبضة مصارع، أو غواصة من غواصات الحرب العالمية الثانية في خندق تونجا. وبعد ذلك، قوّيت المركبات السوفييتية المجهزة لدخول مجال كوكب الزهرة، مثلما قُوِّيت الغواصات الحديثة، واستطاعت الهبوط بنجاح على السطح اللافح. وعندما اتضح مدى عمق الغلاف الجوي ومدى سُمك السحب، أصبح المصممون السوفييت مهتمين بأن السطح قد يكون فاحما. وكانت سفينتا الفضاء ڤينيرا ـ 9 و10 مزودتين بمصابيح الضوء الغامر. ومع ذلك ثبت أنها غير ضرورية. إذ إن نسبة قليلة من ضوء الشمس الذي يسقط على قمة السحب ينفذ إلى السطح، وتصبح الزهرة لامعة، تقريبا، كما تبدو في يوم مليء بالسحب على كوكب الأرض.

وأعتقد أن مقاومة فكرة سخونة سطح كوكب الزهرة تُعزى إلى عدم

رغبتنا في نبذ التصور المتعلق بأن الكوكب الأقرب هو كوكب ملائم للحياة، وملائم للاستكشافات المستقبلية، وربما حتى ملائم - على المدى البعيد - من أجل استيطان الإنسان. وكما اتضح، لا توجد على كوكب الزهرة مستنقعات كربونية، ولا محيطات شاسعة من النفط أو المياه المعدنية الفوارة. وبدلا من ذلك فإن كوكب الزهرة هو جحيم خانق. توجد على الكوكب بعض الصحارى، ولكن الزهرة ليست، في الغالب سوى عالم من بحار الحمم المتجمدة، إن آمالنا لم تتحقق. كما أن نداء هذا العالم قد خفت الآن عما كانت عليه في بداية الاستكشافات التي أجرتها السفن الفضائية عندما كان كل شيء تقريبا ممكنا، وحين كانت معظم تصوراتنا الرومانسية حول الكوكب قابلة للتحقق، بالنسبة لما كنا نعرفه آنئذ.

لقد ساهم كثير من سفن الفضاء في فهمنا الحالي لكوكب الزهرة. ولكن البعثة الرائدة كانت مارينر - 2. وكانت بعثة مارينر -1 قد أخفقت في عملية الانطلاق وكان ينبغي تحطيمها - كما يقولون بالنسبة لحصان سباق له ساق مكسورة. أما السفينة مارينر - 2، فقد كانت تعمل بصورة جيدة،ووفرت أوائل البيانات الأساسية، عن طريق الراديو، حول مناخ كوكب الزهرة. كما رصدت خصائص السحاب باستخدام الأشعة تحت الحمراء. وفي طريقها من كوكب الأرض إلى الزهرة، اكتشفت وقاست الرياح الشمسية واستطاعت قياسها - سيل الجزيئات المشحونة الذي ينساب من الشمس نحو الخارج، ويملأ الأغلفة المغناطيسية لأي كواكب في طريقه، ويحدث الانفجارات التي تنتج ذيول المذنبات، ويقيم الفاصل الشمسي البعيد. كانت مارينر - 2 أول مجس كوكبي ناجح؛ والسفينة التي بشرت بعصر الاستكشافات الكوكبية.

وهي ما تزال تدور في مدارها حول الشمس، وما تزال تقترب، كل مئات قليلة من الأيام، من التماس تقريبا مع مدار كوكب الزهرة. ولكن الزهرة لا تكون هناك في كل مرة يحدث فيها هذا. ولكننا إذا انتظرنا فترة كافية، فإن كوكب الزهرة سيكون قريبا في يوم ما، وسوف تُسرّع عجلة حركة مارينر-2، بفعل جاذبيته في مدار مختلف تماما. وفي النهاية، فإن مارينر-2، مثلها مثل كويكب من عصر سابق، سوف تدفع بقوة بفعل كوكب آخر، وتسقط في الشمس، أو تُنبذ من المنظومة الشمسية.

وحتى يحدث ذلك، فإن رائد عصر الاستكشافات الكوكبية، هذا الكوكب

الاصطناعي متناهي الصغر، سوف يستمر في الدوران بصمت حول الشمس. إن الأمر هو إلى حد ما، كما أن بارجة كولومبوس، سانتا ماريا، ما تزال تصنع دورات منتظمة عبر الأطلنطي، بطاقمها الشبحي، بين كاديز (Cádiz) وأسبانيا. وينبغي أن تظل مارينر-2، في حالة جديدة في فراغ الفضاء الواقع بين النجوم لأجيال عدة.

إن أمنيتي الدائمة بالنسبة لنجمة الصباح والمساء هي ما يلي: في فترة متأخرة من القرن الحادي والعشرين، ستقوم سفينة ما عملاقة، اعتمادا على جاذبيتها الاعتيادية المعانة لمساعدتها على الانتقال إلى المنظومة الشمسية الخارجية، باعتراض طريق هذه السفينة المهجورة العتيقة ورفعها على ظهرها، وعندئذ يمكن عرضها في متحف لبدايات تكنولوجيا الفضاء - ربما على المريخ، أو إيوروبا، أو إيابيتوس.

12 السطح ينصهر

في منتصف الطريق بين ثيرا وثيراسيا، اندلعت النيران من
البحر واستمرت أربعة أيام، حتى أن البحر كله غلى وتوهجّ،
وأظهرت النيران فجأة جزيرة، كانت وكأن الروافع قد حملتها
تدريجيا... بعد توقف الثوران، كان أهل رودس، في فترة
تفوقهم البحري، أول من غامروا بالخروج لبناء معبد على الجزيرة.

سترابو، «الجغرافيا» (العام السابع قبل الميلاد)

يمكنك العثور على نوع من الجبال ذات سمة واحدة لافتة للنظر وغير عادية في جميع أنحاء كوكب الأرض. وأي طفل يقدر على التعرف عليها: القمة تبدو مدببة أو مربعة الشكل. وإذا تسلقت الجبل إلى القمة، أو طرت فوقها، فإنك تكتشف أن بالجبل ثقبا، أو فوهة، عند ذروته. وفي بعض الجبال، من هذا النوع، نجد أن الفوهة صغيرة، وفي البعض الآخر نجدها كبيرة، مثل الجبل ذاته تقريبا، وفي بعض الأحيان نجد الفوهات مملوءة بالمياه. وفي أحيان أخرى نجدها مملوءة بسائل آخر يثير الدهشة: عليك أن تمضي سائرا على أطراف قدميك حتى الحافة، وعندئذ ترى بحيرات شاسعة بها سائل ما بين الأصفر والأحمر ونافورات من نار. إن هذه الثقوب الموجودة في أعالي الجبال وقممها تسمى «كالديرات» (فوهات بركانية ضخمة) ـ والكلمة أصلها يعود إلى Caldron بمعنى مرجل أو قِدّر كبير. أما الجبال التي توجد الكالديرات في قمتها فتسمى براكين ـ على اسم فولكان، إله النار الروماني. وربما هناك 600 بركان نشط اكتشفوا على كوكب الأرض. ما يزال هناك البعض، أسفل المحيطات، جار الكشف عنها.

إن الجبل البركاني النمطي يبدو آمنا على نحو كاف. وتظهر الخضرة الطبيعية على جوانبه. أما الحقول المصطبية فتزين أطرافه. وعند قاعدته تستكن القرى الصغيرة والمزارات المقدسة. ولكن الجبل يمكن أن ينفجر، دون تحذير بعد قرون من الكسل. وتسقط من السماء كتل من الجلاميد الصخرية وسيل من الرماد وتجري أنهار من الصخر المنصهر على جوانبه. وفي جميع أنحاء كوكب الأرض، كان الناس يتخيلون البركان النشط كالعملاق المسجون أو الجني المحبوس الذي يناضل من أجل فك أسره.

إن انفجارات جبل سان هيلينز وجبل بنياتوبو ليست سوى وقائع حديثة العهد للتذكرة؛ ولكن الأمثلة عديدة عبر التاريخ. ففي العام 1902، اندفعت سحابة بركانية متوهجة أسفل منحدرات سان بيليه، وقتلت 35 ألف شخص بمدينة سان بيير في إحدى جزر المارتينيك الكاريبية. كما أدت تدفقات الطين الضخمة، الناجمة عن انفجار بركان نيفادو ديل رويز في العام 1985، إلى مقتل ما يزيد عن 25 ألفا من سكان كولومبيا. أما انفجار جبل فيسوفيوس في القرن الأول، فقد أدى إلى دفن سكان بومبي وهيركولانيوم التعساء في الرمال، ومقتل عالم التاريخ الطبيعي الجسور بليني الكبير، عندما كان يشق طريقه أعلى جانب البركان، حيث كان عازما على التوصل إلى إدراك أفضل لكيفية عمله. (كان بليني، بالكاد، الأخير: فقد لقي 15 باحثا من علماء البراكين مصرعهم في انفجارات بركانية مختلفة بين العامين 1979 و1993). وتعد جزيرة سانتورين (ويطلق عليها أيضا ثيرا)، الواقعة في البحر المتوسط في واقع الأمر، الجزء الوحيد الظاهر فوق الماء من حافة البركان الذي غمره البحر [1]. إن انفجار بركان سانتورين في العام 1623 قبل الميلاد قد ساعد، كما يعتقد بعض المؤرخين، على تحطيم حضارة مينون العظيمة التي كانت قائمة على جزيرة كريت القريبة، وأدى إلى تغيير توازن القوى في الحضارة الكلاسيكية المبكرة. وقد تكون هذه الكارثة هي أصل أسطورة أطلانتيس، كما رواها أفلاطون، حيث دُمرت حضارة «في يوم وليلة سيئي الطالع». ولابد أن نرجع سريعا إلى ذلك الزمن كي نؤمن بأن أحد الآلهة كان غاضبا.

كان يُنظر إلى البراكين، بالطبع بخوف وخشية. فعندما شاهد المسيحيون في القرون الوسطى انفجار جبل هكلا بأيسلندة، وشاهدوا الشظايا مضطربة

الحركة للحمم البركانية الناعمة وهي تتدلى من على القمة، كانوا يتصورون أنهم يشاهدون الأرواح الملعونة تنتظر دخول جهنم. وهناك إفادة بما حدث: «ولولات مذعورة، وبكاء، وصرير للأسنان»، «صرخات كئيبة، وعويل بصوت عال». لقد كانوا يعتقدون أن البحيرات الحمراء المتوهجة، والغازات الكبريتية داخل الفوهات البركانية لجبل هكلا، ليست سوى نظرة خاطفة حقيقية على العالم السفلي، وتأكيدا للمعتقدات الشعبية حول جهنم (وحول قرينها ـ الجنة ـ بأسلوب التماثل).

إن البركان، في واقع الأمر، هو منفذ إلى عالم سفلي. أضخم كثيرا من تلك الطبقة السطحية الرقيقة التي يقطن عليها البشر، بل وأكثر عداء، أما الحمم التي تنفجر من بركان فهي عبارة عن صخور سائلة ـ صخور ترتفع درجة انصهارها إلى حوالي 1000 مئوية، بشكل عام. وتخرج الحمم من ثقب في الأرض، وعندما تبرد وتتصلّب تقوم بتوليد وإعادة تشكيل جوانب الجبل البركاني.

إن المواقع النشطة بركانيا على كوكب الأرض تميل إلى الوجود على ارتفاعات متطاولة بقيعان المحيطات وأقواس الجزر، عند نقطة اتصال صفيحتين كبيرتين من القشرة المحيطية، إما منفصلتين عن بعضهما البعض، أو تنزلق إحداهما على الأخرى. ويوجد بقاع البحر مناطق مستطيلة من الانفجارات البركانية ـ تعج بالزلازل والدخان المتصاعد من أعماق المحيط والمياه الساخنة ـ وهو ما بدأنا رصده بالروبوت والمركبات ذات الطاقم البشري القابلة للغوص تحت الماء.

إن ثوران الحمم يعني السخونة المفرطة لجوف الأرض. ويوضح الدليل الزلزالي بالفعل أن كل جسم الكرة الأرضية منصهر على الأقل بدرجة ما أسفل السطح بـ كيلومترات عدة فقط. وترجع سخونة جوف الأرض جزئيا إلى وجود العناصر ذات النشاط الإشعاعي، مثل اليورانيوم التي تطلق حرارة عند تحللها؛ كما ترجع جزئيا إلى احتفاظ الأرض ببعض حرارتها الأصلية المنبعثة أثناء تكوينها، عندما سقطت مجموعة من العوالم الصغيرة، بفعل جاذبيتها المشتركة، كي تكّون كوكب الأرض، وعندما تراكم الحديد لتشكيل لُبّ كوكبنا.

وتصعد الصخور البركانية المنصهرة خلال شقوق الصخور الصلبة الأثقل

المحيطة. ويمكننا أن نتخيل كهوفا تحت الأرض مملوءة بالسوائل اللزجة، المتوهجة والحمراء ذات القطاعات، والتي تدفع نحو السطح، إذا ما توافر بالمصادفة مجرى مناسب. والصخور البركانية المنصهرة، التي يطلق عليها اسم الحمم البركانية اللافا عندما تتدفع من قمة الفوهة البركانية الضخمة، ترتفع بالفعل من العالم السفلي. إن الأرواح الملعونة تتملص حتى الآن من الكشف عن نفسها.

وما أن يبنى البركان بالكامل من هذه الاندفاعات المتعاقبة، ويتوقف اندفاع الحمم نحو الفوهة البركانية حتى يصبح بالكامل مثل أي جبل آخر - يتآكل ببطء نتيجة لهطول الأمطار والركام الحجري الناجم عن هبوب الرياح، وأخيرا بسبب حركة الصحائف القارية عبر سطح كوكب الأرض. «تُرى، كم من السنين يبقى الجبل قبل أن يُجرف نحو البحر؟» - هكذا تساءل دايلان في أغنية «في مهب الريح». وتتوقف الإجابة على طبيعة الكوكب الذي نتحدث عنه. وبالنسبة لكوكب الأرض، تصل المدة عادة إلى عشرة ملايين سنة. وبالتالي، فالجبال والبراكين من ناحية أخرى لابد أن تشيد بالمقياس الزمني نفسه وإلا ستصبح الأرض ناعمة في كل مكان، كما هو الحال بالنسبة لكانساس [2].

إن الانفجارات البركانية يمكن أن تقذف كميات هائلة من مادة - هي في الغالب قطرات دقيقة من حامض الكبريتيك - داخل الغلاف الجوى. وهناك تعكس هذه المادة لمدة سنة أو سنتين، ضوء الشمس مرة أخرى إلى الفضاء مما يؤدي إلى تبريد كوكب الأرض. وقد حدث هذا مؤخرا مع بركان الفلبين - جيل بيناتوبو. وبصورة كارثية في العامين 1815، 1816 بعد انفجار البركان الأندونيسي في جبل تامبورا، الذي أسفر عن «عام من دون صيف» وقد أدت الانفجارات البركانية في تاوبو بنيوزيلندة العام 177 إلى تبريد مناخ البحر المتوسط وإسقاط جزيئات دقيقة على القمة الجليدية في جرين لاند. وكان لانفجار جبل مازاما في أوريجون (والذي أسفر عن الفوهة البركانية الضخمة المعروفة الآن باسم بحيرة كراتر) العام 4803 قبل الميلاد، تبعات مناخية عبر نصف الكرة الشمالي. إن دراسات التأثير البركاني في المناخ جاءت عن طريق البحوث التي قادت أخيرا إلى اكتشاف الشتاء النووي. وقد وفرت اختبارات مهمة لاستخدام النماذج الكومبيوترية للتنبؤ بالتغيرات

المستقبلية في المناخ. أما الجزيئات البركانية التي تم حقنها داخل الهواء العلوي، فقد كانت سببا إضافيا في ترقيق طبقة الأوزون.

وهكذا، فإن انفجارا بركانيا ضخما، في جزء ما مهجور وناء من العالم، يمكن أن يغير البيئة على نطاق واسع. كما أن البراكين، سواء من حيث أصولها أو تأثيراتها تذكرنا بمدى تعرضنا لتجشؤات وعطسات كوكب الأرض الثانوية عبر عمليات أيضه الداخلية، ومدى أهمية أن نفهم كيفية عمل ماكينة الحرارة تحت الأرضية هذه.

ويُعتقد أنه في المراحل النهائية من تشكيل كوكب الأرض ـ وأيضا القمر والمريخ والزهرة ـ ولّدت تصادمات مع عوالم صغيرة محيطات ضخمة من الصخور البركانية السائلة الساخنة الحمراء، تدفقت من الجوف إلى سطح الكوكب مكتسحة كل شيء في طريقها: الجبال، والقنوات، والفوهات وربما حتى الدليل الأخير على عصور أشهر إمعانا في القدم وأكثر رحمة. إن عداد المسافات الجيولوجي قد أُعيد ضبطه. وجميع سجلات جيولوجيا السطح المتاحة تبدأ بالفيضان الشامل الأخير للصخور البركانية المنصهرة. وقبل أن تبرد هذه الصخور وتتصلب، يمكن أن يصل سمك محيطات الحمم إلى مئات أو حتى آلاف الكيلومترات. وفي عصرنا، بعد بلايين السنين، يصبح سطح مثل هذا العالم هادئا وغير نشط، دونما إشارة للنشاط البركاني الحالي. أو ربما توجد - كما هو الحال على كوكب الأرض - أشياء قليلة، صغيرة النطاق، تذكرنا بعصر ما، عندما كان السطح كله مغمورا بالصخور السائلة.

وفي السنوات الأولى لجيولوجيا الكواكب، كانت المراقبات التلسكوبية الأرضية تمثل كل البيانات المتاحة لدينا. وقد دار نقاش ساخن، لما يقرب من نصف قرن، حول ما إذا كانت الفوهات القمرية ناتجة عن التصادمات أم عن البراكين. إن أكواما قليلة منخفضة ذات قمم بفوهات بركانية قد تم العثور عليها - هي على الأغلب براكين قمرية. ولكن الفوهات الضخمة- التي تتخذ شكل تجويف أو وعاء وتقع فوق الأرضية المسطحة وليس على قمم الجبال- قصة مختلفة. وقد رأى فيها بعض علماء الجيولوجيا أوجه شبه متآكلة عالية على كوكب الأرض. ولكن علماء آخرين لم يروا ذلك. وأفضل حجة مضادة كانت تكمن في معرفتنا بوجود كويكبات ومذنبات

تطير بمحاذاة القمر؛ ولابد أن تصطدم به أحيانا، كما يجب أن تنتج فوهات من مثل هذه التصادمات، وعلى مدار تاريخ القمر، كان ينبغي أن تبرز مثل هذه الفوهات نحو الخارج. وهكذا، فإن كانت الفوهات التي نراها ليست ناتجة عن التصادمات. فأين، إذن، فوهات التصادم؟ ونحن نعرف الآن، من الفحص المعملي المباشر للفوهات القمرية، أن أصولها بالكامل تقريبا ناجمة عن تصادمات. ولكن منذ أربعة بلايين سنة كان هذا العالم الصغير الساكن، الآن تقريبا، يموج بالفوران والاضطراب الناتجين عن نشاط بركاني بدائي ذي مصادر للحرارة الداخلية انتهت الآن، ومنذ فترة طويلة.

في نوفمبر 1971، وصلت السفينة مارينر-9، التابعة لـ ناسا، إلى كوكب المريخ، لتجد الكوكب معتما تماما بسبب عاصفة ترابية شاملة. والتضاريس الوحيدة، تقريبا، التي كنا نراها هي أربع بقع مستديرة تبرز من الضباب المحمرّ. ولكن كان هناك شيء ما خاص يميزها: وجود ثقوب في قممها. وبعد انقشاع العاصفة، استطعنا أن نرى، دونما خطأ، أننا كنا نشاهد أربعة جبال بركانية ضخمة تخترق السحابة الترابية، وعلى قمة كل جبل منها توجد فوهة ضخمة.

وبعد أن انقشعت العاصفة، أصبح المقياس الصحيح لهذه البراكين واضحا. فأكبرها - أُطلق عليه اسم أوليمبس مونس (Olympus Mons) أو جبل مونس على اسم مقر آلهة اليونان - جبل يزيد ارتفاعه عن 25 كيلومترا (حوالي 15 ميلا) وهو يجعل من أكبر بركان أو أي جبل على سطح كوكب الأرض قزما، فجبل أفرست، فوق هضبة التبت، يصب ارتفاعه إلى تسعة كيلومترات. ويوجد بالمريخ حوالي 20 بركانا ضخما. ولكن أيا منها لا يصل إلى ضخامة أوليمبس مونس الذي يزيد حجمه مائة مرة عن حجم أكبر بركان على كوكب الأرض - وهو بركان ماونالوا في هاواي.

ومن خلال إحصاء فوهات التصادم المتراكمة (التي تكونت من اصطدام كويكبات صغيرة، وتتميز عن فوهات القمة) على جوانب البراكين، يصبح بمقدورنا تقدير أعمارها، وقد اتضح أن عُمر بعض براكين المريخ يصل إلى بضعة بلايين من السنوات، على الرغم من أن تاريخ أي منها لا يعود إلى الأصل الفعلي للمريخ، وهو حوالي 4,5 بليون سنة. ويعد بعض هذه الجبال جديدا نسبيا، بما فيها أوليمبس مونس - أي ربما يصل عمرها إلى مئات

عدة قليلة من ملايين السنين. ويبدو واضحا أن انفجارات ضخمة قد حدثت في فترة مبكرة من تاريخ المريخ، وربما أدت إلى توفير غلاف جوي أكثر كثافة من غلاف المريخ الحالي. تُرى، كيف كان المكان سيبدو إن زرناه في تلك الفترة؟

إن بعض التدفقات البركانية على المريخ (في سيربيرس، على سبيل المثال) قد تشكلت مؤخرا - أي منذ 200 مليون سنة مضت - على الرغم من عدم وجود دليل بأي طريقة على أن أوليمبس مونس، أكبر بركان نعرفه في المنظومة الشمسية، سوف ينشط مرة أخرى، وسوف يرحب، دون شك، دارسو البراكين، وهم دارسون صبورون، بهذا الحدث.

لقد أرسلت سفينة الفضاء ماجلان، في الفترة الواقعة بين العامين 1990 و1993، بيانات رادارية حول المعالم الطبيعية لسطح كوكب الزهرة. وقد قام رسامو الخرائط بإعداد خرائط للكوكب كله تقريبا، مع تفاصيل دقيقة تصل إلى حوالي مائة متر لأسفل، وهي المسافة بين خطي العارضة في ملعب كرة قدم أمريكية. وقد أرسلت السفينة ماجلان مزيدا من البيانات بالراديو إلى الوطن، أكثر من جميع البيانات التي أرسلتها البعثات الكوكبية الأخرى مجتمعة. ومادام الكثير حول قيعان المحيطات غير مكتشف بعد (ربما عدا ما يتعلق بالبيانات المصنفة التي أمكن الحصول عليها عن طريق البحرية الأمريكية والبحرية السوفييتية)، فإن بإمكاننا معرفة المزيد حول طوبوغرافيا سطح كوكب الزهرة أكثر من أي كوكب آخر، بما في ذلك كوكب الأرض. ويختلف الكثير من جيولوجيا كوكب الزهرة عن أي شيء رأيناه على كوكب الأرض أو أي مكان آخر. وقد قام علماء جيولوجيا الكواكب بتسمية تلك المعالم الطبيعية لسطح كوكب الزهرة بأسماء معينة، ولكن هذا لا يعني أننا نعرف بالكامل كيف تم تشكيلها.

ونظرا لأن درجة حرارة سطح كوكب الزهرة تصل إلى حوالي 470 مئوية (900 فهرنهايت). فإن الصخور هناك تقترب كثيرا من نقطة انصهارها عما يوجد عليه حال الصخور على كوكب الأرض. وتبدأ الصخور في الترقق والتدفق عند أعماق أكثر ضحالة على الزهرة منها على كوكب الأرض. ومن المرجح بشدة أن هذا هو السبب في أن كثيرا من المعالم الجيولوجية لكوكب الزهرة تبدو لدنة ومشوهة.

إن الكوكب مغطى بالسهول البركانية والهضاب ذات الأراضي المرتفعة. وتضم الهياكل الجيولوجية أقماعا بركانية مستترة محتملة وفوهات بركانية، وهناك أماكن عديدة، يمكننا فيها مشاهدة الحمم البركانية تتفجر بفيضانات ضخمة. ويصل حجم بعض المعالم الطبيعية للسهول إلى ما يزيد عن 200 كيلومتر في حجمها، وتسمى على سبيل المزاح باسم «قراد» و«عناكب» (حيث إنها عنكبوتية الشكل) ـ ولأنها عبارة عن منخفضات مستديرة محاطة بحلقات متحدة المركز، في حين تمتد الشقوق السطحية الطويلة النحيلة من المركز إلى الخارج، على امتداد نصف القطر. أما «القباب الكعكية» الغريبة ـ وهي ملمح جيولوجي غير معروف على كوكب الأرض، ولكنها قد تكون نوعا من البراكين ـ فربما تشكلت عن طريق حمم بركانية سميكة ولزجة تتدفق ببطء، وبانتظام، في جميع الاتجاهات، وهناك أمثلة عديدة على تدفقات غير منتظمة للحمم البركانية، وهناك هياكل حلقية غريبة تسمى «كوروناي» يصل أعلى طول لها إلى ألفي كيلومتر، إن التدفقات المميزة للحمم البركانية على كوكب الزهرة الخامد الساخن تقدم قائمة غنية من الألغاز الجيولوجية.

المعالم الطبيعية الفريدة وغير المتوقعة هي القنوات المتعرجة ـ وبما بها من التواءات وأشكال تشبه سناد نير الثور، (على شكل حرف U) فإنها تشبه وديان الأنهار على كوكب الأرض. وأكثرها طولا أطول من أكبر الأنهار على كوكب الأرض. ولكنه شديد الحرارة جدا بالنسبة للماء السائل على كوكب الزهرة. ومع غياب فوهات التصادم الصغيرة، يمكننا القول إن الغلاف الجوي سميك، ويتسبب في إحداث قدر هائل من تأثير الدفيئة، ما دام السطح الحالي موجودا. (وإذا كان الغلاف الجوي أقل سمكا، لما احترقت الكويكبات السيارة ذات الحجم المتوسط عند دخولها إليه، بل كانت ستبقى كي تنحت فوهات عند اصطدامها بسطح هذا الكوكب). وتقوم الحمم البركانية المتدفقة إلى أسفل لتل بشق قنوات متعرجة (أحيانا تحت الأرض، ويليها انهيار لسقف القناة). ومع ذلك، فحتى عند درجات حرارة كوكب الزهرة الطويلة قبل أن تتصلب. ويعتقد بعض علماء جيولوجيا الكواكب في حتمية وجود حمم بركانية خاصة، رقيقة ومائية وغير لزجة، تتولد على كوكب الزهرة. ولكن هذا التخمين لا تدعمه أي بيانات أخرى، وهو اعتراف

بجهلنا.

ويتحرك الغلاف الجوي السميك ببطء، ولأنه شديد الكثافة، فإنه يتميز بقدرة على رفع الجزيئات الدقيقة وتحريكها. وهناك سلاسل من الرياح على كوكب الزهرة، تنبعث بكثرة من فوهات التصادم، حيث طردت الرياح السائدة أكواما من الرمال والتراب ووفرت نوعا من مناخ متقلب دمغ السطح. ويبدو أننا نرى، هنا وهناك، نطاقات من الكثبان الرملية، فضلا عن مناطق أدى فيها التآكل الجاري بفعل الرياح إلى نحت معالم طبيعية لسطح أرض بركانية. وهذه العمليات الناتجة عن الرياح تحدث بحركة بطيئة، كما لو أنها تحدث في قاع البحر. والرياح ضعيفة على سطح كوكب الزهرة. وربما تأتي عصفة ريح خفيفة وترفع سحابة من الجزيئات الدقيقة. ولكن، في ظل ذلك الجحيم الخانق، يصعب أن تأتي عصفة الريح هذه.

توجد على كوكب الزهرة فوهات تصادم عديدة، ولكن لا شيء يضاهي عددها على القمر أو المريخ. والفوهات الأصغر التي تقل عن كيلومترات عدة غير موجودة بصورة لافتة للنظر. والسبب مفهوم: تتحطم الكويكبات السيارة والمذنبات الصغيرة عند دخولها إلى الغلاف الجوي السميك لكوكب الزهرة، قبل أن تتمكن من الاصطدام بالسطح. إن القَطْع الذي لوحظ في حجم الفوهة يتوافق، إلى حد كبير جدا مع الكثافة الحالية للغلاف الجوي لكوكب الزهرة. كما يعتقد أن البقع غير المنتظمة التي شوهدت في الصور التي جلبتها السفينة ماجلان، بقايا الأجسام التي كانت ستصطدم بالزهرة، ولكنها تحطمت في الهواء السميك قبل أن تتمكن من حفر فوهة.

إن غالبية فوهات التصادم قديمة وبدائية بشكل ملحوظ ومحفوظة على نحو جيد، غير أن نسبة مئوية ضئيلة منها كانت مغمورة بسبب تدفقات الحمم البركانية وسطح كوكب الزهرة كما أظهرته السفينة ماجلان شاب إلى حد بعيد. وهناك عدد قليل من فوهات التصادم، ذلك أن أي شيء يزيد عمره عن 500 مليون سنة [3] تقريبا لابد وأنه قد أبيد على كوكب يصل عمره في الأغلب إلى 4,5 بليون سنة. هناك عامل واحد فقط جدير بالتصديق بشأن يتلاءم مع ما نراه: إنه النشاط البركاني. وفي جميع أنحاء الكوكب، نجد أن الفوهات والجبال، وغيرها من الملامح الجيولوجية، قد تم غمرها عن طريق بحار الحمم التي تفجرت من الجوف في وقت ما وتدفقت

بعيدا، ثم تجمدت.

وبعد فحص هذا السطح الشاب، المُغطى بالصخور المنصهرة التي تحجرت، قد تتساءل عما إذا كانت هناك أي براكين نشطة باقية، لم يتم العثور على أي شيء بلا شك، ولكن هناك عددا قليلا - على سبيل المثال «مأت مونس» (Maat Mons) - يبدو محاطا بحمم بركانية حديثة، فربما ما يزال الاضطراب والتجشؤ قائمين. وهناك دليل ما على أن وفرة مركبات الكبريت في الغلاف الجوي العلوي تختلف مع مرور الوقت، كما لو أن البراكين الموجودة على السطح تقوم، عرضيا، بإدخال هذه المواد إلى الغلاف الجوي. وعندما تخمد البراكين، تتساقط مركبات الكبريت ببساطة من الهواء، وهناك أيضا دليل مؤكد بشأن البرق الدائر حول قمم جبال كوكب الزهرة، كما يحدث أحيانا بالنسبة للبراكين النشطة على سطح كوكب الأرض. ولكننا لا نعرف على وجه اليقين ما إذا كان النشاط البركاني مستمرا على سطح كوكب الزهرة. وما زال بحث هذا الأمر متروكا للمهمات المستقبلية.

ويعتقد بعض العلماء أن سطح كوكب الزهرة كان مجردا من أي تضاريس، حتى فترة تصل إلى 500 سنة مضت. وكانت جداول الصخور المنصهرة ومحيطاتها تتدفق بلا توقف من الداخل وتملأ وتغطي أي بروز نجح في التشكل. ولو أنك هبطت عموديا خلال السحاب. في ذلك الزمن السحيق، رأيت سطحا منتظما وبلا تضاريس. وفي فترة الليل، كان السطح سيتوهج توهجا جهنميا من الحرارة الحمراء الناجمة عن الحمم البركانية المنصهرة. هذا المشهد انتهى الآن - مشهد آلة الحرارة الداخلية الهائلة لكوكب الزهرة، والتي أمدت السطح بكميات غزيرة من الحمم البركانية حتى ما يقرب من 500 مليون سنة. إن آلة الحرارة الكوكبية هذه توقفت عن العمل في نهاية المطاف.

في نموذج آخر نظري ومثير، قدمه عالم الفيزياء الجيولوجية دونالد توركوت، يمتلك كوكب الزهرة صفائح تكتونية مثل تلك الموجودة على كوكب الأرض - ولكنها تتباعد وتنحرف. وهو يفترض أن الوضع الصحيح الآن هو أن الصفائح التكتونية متباعدة وأن «القارات» لا تتحرك على امتداد السطح ولا تصطدم ببعضها البعض، ولا ترفع، بالتالي سلاسل الجبال، ولا يتم ابتلاعها فيما بعد في الجوف العميق. ومع ذلك فبعد مئات الملايين من

سنوات الخمود، تنطلق الصفائح التكتونية على الدوام وتغمر تضاريس السطح بالحمم البركانية، وتدمر بفعل البنيان الجبلي، وتبتلع، وبخلاف ذلك فإنها تتمحي. وقد انتهت آخر هذه الانطلاقات من حوالي 500 مليون سنة، كما يقترح توركوت، وهدأ كل شيء منذ ذلك الحين. ومع ذلك فإن وجود نتوءات يمكن أن يدل - وفقا لمقاييس الزمن التي تصبح جيولوجية في المستقبل - على أن تغيرات ضخمة على وشك أن تحدث مرة أخرى على سطح كوكب الزهرة.

أما الأمر الذي كان توقعه أقل من توقع براكين المريخ الضخمة أو سطح الزهرة الذي تغمره الحمم البركانية، فهو ما كان ينتظرنا عندما التقت سفينة الفضاء ڤوييچر-1 في مارس 1979 مع أيو - أقرب الأقمار الجاليلية الأربعة الكبرى للمشتري. هناك، وجدنا عالما غريبا وصغيرا متعدد الألوان، كان مغمورا تماما بالبراكين. وعندما راقبناه بدهشة، وجدنا ثماني ذؤابات نشطة تصب غازا وجزيئات دقيقة في السماء. ويطلق على أكبرها الآن اسم بيلي «Pelé» - نسبة إلى آلهة بركان هاواي - وقد قام بقذف نافورة من المادة يصل ارتفاعها إلى 250 كيلومترا في الفضاء، أعلى سطح أيو، بدرجة أكبر مما غامر به بعض رواد الفضاء على كوكب الأرض. وعندما وصلت السفينة ڤوييچر -2 إلى القمر أيو، بعد ذلك بأربعة شهور، كان بيلي قد خمد، على الرغم من أن ستا من الذؤابات الأخرى كانت ما تزال نشطة، وتم اكتشاف ذؤابة واحدة جديدة على الأقل، وتغير بصورة مفاجئة لون فوهة بركانية ضخمة، واسمها سورت.

إن ألوان أيو، على الرغم من مبالغة صور «ناسا»، لا تشبه أي شيء في أي مكان آخر بالمنظومة الشمسية. إن التفسير المفضل الآن هو أن براكين أيو لم تأت من انطلاق الصخور المنصهرة، كما هو الحال على كوكب الأرض والقمر والزهرة والمريخ، وإنما من انطلاق ثاني أكسيد الكبريت، وكذا الكبريت المنصهر. إن السطح مغطى بجبال بركانية، وفوهات بركانية ضخمة، وفتحات، وبحيرات من الكبريت المنصهر. وقد أمكن الكشف عن أشكال ومركبات مختلفة للكبريت على سطح أيو وفي الفضاء القريب - وتنفث البراكين بعض الكبريت خارج أيو تماما [4]. وقد أوحت هذه الاكتشافات، للبعض بوجود بحر جوفي من الكبريت السائل يبرز للسطح من خلال المواقع

الضعيفة، كما يولد ركاما بركانيا مسطحا قليلا يجري بهدوء أسفل التل ويتجمد. أما لونه الأخير فيتحدد عن طريق درجة حرارته عند الانفجار.

وسواء على سطح القمر أو المريخ، يمكن أن تجد الكثير من الأماكن التي تغيرت قليلا عبر بليون سنة. وخلال قرن، كان كثير من سطح أيو قد أعيد غمره، وامتلأ أو اكتسحته تدفقات بركانية أخرى، وعندئذ سرعان ما تصبح خرائط أيو عتيقة ويصبح علم رسم الخرائط الخاص بأيو من الصناعات النامية.

ويبدو أن جميع هذه البيانات ناتجة بسهولة من عمليات الرصد التي تقوم بها السفينة ڤوييچر. إن معدل تغطية السطح بالتدفقات البركانية الراهنة يستلزم حدوث تغيرات ضخمة خلال خمسين أو مائة عام، ومن حسن الحظ أنه تنبؤ قابل للاختبار، ويمكننا مقارنة الصور التي التقطتها السفينة ڤوييچر للقمر أيو بالصور الأقل شأنا التي رصدتها التلسكوبات الأرضية منذ خمسين عاما، ويصور تلسكوب هابل الفضائي التي يصل عمرها إلى 13 عاما. ومما يثير الدهشة أن العلامات السطحية الكبيرة على القمر أيو تكاد لا تتغير. ويبدو واضحا أن هناك شيئا مفقودا بالنسبة لنا.

وبمعنى ما، يمثل البركان أحشاء كوكب تتدفق إلى الخارج، وجرحا يشفي نفسه آخر الأمر من خلال التبريد، لتحل محله سمة مميزة جديدة. إنها وللعوالم المختلفة، أحشاء مختلفة. إن اكتشاف النشاط البركاني، ذي الكبريت السائل، على القمر أيو، كان أشبه إلى حد ما باكتشاف أنه حين يجرح أحد المعارف القدامى ينزف مادة خضراء. وأنت ليس لديك أي فكرة حول إمكان وجود هذه الاختلافات. ولكن الأمر بالنسبة له يبدو عاديا.

ونحن نتوق، بحكم طبيعتنا لاكتشاف علامات إضافية للنشاط البركاني على عوالم أخرى. فعلى إيوروبا، ثاني أقمار جاليليو التابعة لكوكب المشتري، وأحد جيران القمر أيو، لا توجد أي جبال بركانية على الإطلاق، وإنما يوجد جليد منصهر - ماء سائل - يبدو أنه قد اندفع نحو السطح من خلال عدد هائل من العلامات المظلمة المتقاطعة قبل التجمد. وأكثر من ذلك، هناك علامات، بين أقمار زحل، تدل على تدفق الماء السائل لأعلى من الجوف، وأنه يجرف معه فوهات التصادم. ومع ذلك لم نشهد حتى الآن أي

شيء يمكن اعتباره بركانا جليديا، سواء في منظومة المشتري أو منظومة زحل. وعلى تريتون، قد يكون ما لاحظناه نشاطا بركانيا للنيتروجين أو الميثان.

إن براكين العوالم الأخرى تمدنا بمشهد مثير، إذ تؤجج حاسة التعجب لدينا، واستمتاعنا بجمال الكون وتنوعه. ولكن هذه البراكين الغريبة تؤدي لنا خدمة أخرى أيضا: إنها تساعدنا في التعرف على براكين عالمنا - وربما حتى تساعدنا، ذات يوم، في التنبؤ بتفجراتها. وإذا كنا غير قادرين على إدراك ما يحدث في الظروف الأخرى، حيث يختلف البارامترات الفيزيائية، فمدى عمق إدراكنا للظروف التي تحوذ على قدر أكبر من اهتمامنا؟ إن نظرية عامة حول النشاط البركاني ينبغي أن تغطي الحالات كافة. وعندما نرتبك أمام الهضاب البركانية الضخمة على كوكب المريخ الهادئ جيولوجيا؛ وعندما نكتشف أن فيضانات الصخور المنصهرة اكتسحت سطح كوكب الزهرة بالأمس فقط؛ وعندما نجد عالما منصهرا ولكن ليس بفعل حرارة التحلل الإشعاعي، كما هو الحال على كوكب الأرض. وإنما عن طريق قوى الجاذبية التي تبذلها العوالم القريبة؛ وعندما نرصد النشاط البركاني للكبريت وليس النشاط البركاني للسيليكات؛ وعندما نبدأ في التساؤل عن أقمار الكواكب البعيدة، وما إذا كان بمقدورنا مشاهدة الماء، أو الأمونيا، أو النيتروجين، أو النشاط البركاني للميثان - عندئذ يمكننا أن نتعلم ما هو ممكن أيضا.

13 هبة أبوللو

أبواب السماء مفتوحة على اتساعها
وأنا أركب خارجا منها...
تشو تسو، «الأغاني التسع»،
القرن الثالث قبل الميلاد

إنها ليلة شديدة الحرارة من ليالي شهر يوليو. وقد ذهبت في نوم عميق وأنت جالس على مقعدك. وفجأة تستيقظ مجفلا ومرتبكا. كان جهاز التلفزيون مفتوحا، ولكن الصوت مختف. تحاول أن تفهم ما تراه. تشاهد شخصين أبيضين مثل الأشباح، يرتديان حلة عمل ذات أكمام وخوذات ويرقصان برقة تحت سماء فاحمة السواد ، ويقومان بأداء حركات قافزة غريبة تدفعهما لأعلى وسط سحب ترابية يصعب إدراكها ولكن هناك خطأ ما. فهما يستغرقان وقتا طويلا حتى ينزلا بعد أن يقفزا إلى أعلى. إنهما يبدوان، برغم ثقلهما، كما لو كانا يطيران. إنك تدعك عينيك غير مصدق، ولكن المشهد الشبيه بالحلم يستمر.

من بين كل الأحداث التي تحيط بهبوط السفينة أبوللو11 على القمر. في العشرين من يوليو 1969، فإن أقوى ما في ذكرياتي الحية عن هذا الحدث هو أنه نوعية غير واقعية لقد سار نيل أرمسترونج وبوز ألدرين متثاقلين على سطح القمر الترابي. الرمادي اللون؛ وكان كوكب الأرض يلوح بحجمه الكبير في السماء بينما كان ميشيل كولينز ـ الذي كان عندئذ القمر الخاص للقمر ـ يدور فوقهما

كمراقب بغير رفيق لقد كان بالفعل إنجازا تكنولوجيا مذهلا، ونصرا للولايات المتحدة. وقد أظهر رواد الفضاء شجاعة تتحدى الموت. والحق وكما قال أرمسترونج عندما هبط للمرة الأولى، إنها خطوة تاريخية للنوع الإنساني. وإذا ما تجنبت الأحاديث الجانبية وما فيها من لغو دنيوي متعمد أثناء مراقبة المهمة ومشاهدة بحر الهدوء، ونظرت محدقا إلى شاشة التلفزيون الأبيض والأسود، فإنك ستجد أننا نحن البشر قد دخلنا إلى عالم الأساطير والخرافات.

لقد عرفنا القمر منذ أيامنا الأولى. وكان موجودا عندما نزل أسلافنا من فوق الأشجار إلى حشائش السافانا، وعندما تعلمنا المشي وقامتنا مرفوعة، وعندما قمنا للمرة الأولى بتصميم أدواتنا الحجرية، وعندما استطعنا استئناس النار، وعندما اخترعنا الزراعة، وقمنا بتشييد المدن، ووضعنا خططا لإخضاع كوكب الأرض. إن الأغاني الشعبية والفن الشعبي يمجدان علاقة غامضة بين القمر والحب، وكلمة Month (شهر) واليوم الثاني من أيام الأسبوع (Monday) استمدَّتا من القمر (Moon). إن نمو القمر من هلال إلى بدر ثم تحوله إلى هلال ثم بدر من جديد، كان يفهم على نطاق واسع كاستعارة سماوية عن الموت والتجدد. لقد كانت دورة القمر مرتبطة بدورة التبويض لدى النساء، إذ إن لها تقريبا الفترة نفسها ـ كما يبدو واضحا من كلمة: menstruation (باللاتينية mensis معناها شهر، وهي مستقاة من الفعل «يقيس»). إن أولئك الذين ينامون في ضوء القمر يصابون بالجنون ـ ومن هنا جاءت الكلمة الإنجليزية «Lunatic» ومعناها مجنون. وفي قصة فارسية قديمة، سُئل أحد الوزراء المعروف بحكمته عن الأكثر فائدة: الشمس أم القمر. فأجاب «القمر»، إذ إن «الشمس تضيء في النهار، عندما يشع ضوؤها بأي حال». أما حين نعيش في الخلاء، فسنجد أن للقمر وجودا أساسيا في حياتنا.

لقد كان القمر مجازا عن «الشيء صعب المنال»، فقد اعتاد الناس أن يقولوا: «اسأل القمر»؛ أو «إنك لا تقدر على الطيران أبعد من القمر». وبالنسبة للجزء الأغلب من تاريخنا، لم نكن نعرف أي شيء عن القمر. هل هو روح؟ هل هو إله؟ هل هو فكرة؟ إنه لم يكن يبدو مثل شيء كبير بعيد، بل كشيء صغير قريب ـ شيء بحجم الطبق، ربما، معلق في السماء فوق

رؤوسنا بقليل. وقد ناقش فلاسفة اليونان القدماء مسألة (أن حجم القمر كبير بالقدر الذي يبدو به» (وهو تشوش بين الحجم الخطي والحجم الزاوي). ولقد بدا السير على القمر فكرة حمقاء، تشبه تخيل التسلق إلى السماء باستخدام سلم أو على ظهر طائر عملاق من أجل الإمساك به وإحضاره إلى أسفل، إلى كوكب الأرض. ولكن أحدا لم ينجح أبدا، برغم الأساطير العديدة التي تدور حول الأبطال الذين قاموا بهذه المحاولة.

ولم تكن فكرة أن القمر مكان، يبعد عنا ربع مليون ميل، تلقى رواجا واسعا حتى بضع قرون مضت. وفي تلك الفترة الزمنية الوجيزة، انتقلنا من خطواتنا المبكرة لفهم طبيعة القمر إلى السير والتمتع بالقيادة فوق سطحه. لقد استطعنا حساب كيف تتحرك الأشياء في الفضاء، واستطعنا تحويل الأكسچين إلى سائل من الهواء، واخترعنا الصواريخ الكبيرة والإلكترونيات التي يمكن الاعتماد عليها، وغير ذلك. ثم أبحرنا إلى الخارج، نحو السماء.

ومن حسن حظي أنني شاركت في برنامج أبوللو، ولكني لا ألوم من يعتقد أن الموضوع برمته كان مصورا في إحدى استوديوهات السينما بهوليوود. إن الفلاسفة الوثنيين، في الإمبراطورية الرومانية السابقة، هاجموا العقيدة المسيحية المتعلقة بصعود جسد المسيح إلى السماء والبعث الجسدي الموعود للموتى - لأن قوة الجاذبية تشد جميع «الأجسام الأرضية» إلى أسفل وقد ردّ القديس أوغسطين قائلا: «إذا كانت المهارة البشرية قد استطاعت، عبر بعض الوسائل، أن تصنع مراكب تطفو من معادن تغرق... فما مدى المصداقية، أكثر من ذلك، في أن الله بأسلوب عمل خفيّ قادر على جعل هذه الكتل الأرضية تتحرر» من السلاسل التي تربطها بالأرض؟ وأن البشر سيكتشفون في يوم ما، أن «أسلوب العمل» هذا كان من الخيال. وبعد مرور ألف وخمسمائة عام، استطعنا تحرير أنفسنا.

لقد أثار الإنجاز مزيجا من الخشية والاهتمام. ويتذكر البعض قصة برج بابل. وهناك البعض، ومن بينهم المسلمون التقليديون، يشعرون أن وضع قدم على سطح القمر قد يكون صفاقة وتدنيسا للمقدسات. وهناك آخرون حيوا الحدث باعتباره نقطة تحول في التاريخ.

لم يعد القمر شيئا يتعذر الوصول إليه. فهناك اثنا عشر من البشر، وكلهم من الأمريكيين، استطاعوا أداء حركات الوثب الغريبة التي أسموها

«خطوات القمر» على حمم رمادية قديمة، ذات فوهات وحفر ـ بدءا من ذلك اليوم من أيام شهر يوليو العام 1969. ومنذ العام 1972، لم يغامر أحد من أي دولة بالذهاب إلى هناك. في الواقع، لم يذهب أحد منا إلى أي مكان منذ أيام أبوللو المجيدة، اللهم إلا إلى مدار الأرض المنخفض ـ مثل الطفل حديث السير، الذي يخطو خطوات عدة قليلة مترددة نحو الخارج، ثم يتراجع، وبعدئذ وهو يتنفس الصعداء، إلى الأمان الذي توفره له والدته.

في يوم من ذات الأيام، حلقنا في المنظومة الشمسية، لسنوات قليلة. وبعد ذلك أسرعنا عائدين. لماذا؟ ماذا حدث؟ حول ماذا كانت تدور مهمة أبوللو؟

لقد بهرتني جرأة وبُعد نظر خطاب جون كينيدي في الخامس والعشرين من مايو 1961، في الجلسة المشتركة للكونجرس حول «الاحتياجات القومية العاجلة» ـ ذلك الخطاب الذي أطلق برنامج أبوللو. لقد كنا سنستخدم صواريخ لم تصمّم بعد، وسبائك لم نتخيلها، وخططا للبحرية لم تعد بعد، وذلك لإرسال رجل إلى عالم مجهول ـ عالم لم يستكشف بعد، لا بشكل أولي، ولا حتى بالروبوت ـ وكان علينا أن نعود به سالما، وأن يحدث هذا كله قبل انتهاء العقد. لقد صدر هذا الإعلان الواثق قبل أن يحقق أي أمريكي دورانه في مدار حول كوكب الأرض.

ولأني كنت قد حصلت مؤخرا على درجة دكتوراه الفلسفة في العلوم، فقد فكرت أن هذا الأمر برمته يتضمن شيئا متعلقا محوريا بالعلم. ولكن الرئيس لم يتحدث عن اكتشاف أصل القمر، أو حتى عن إحضار عينات منه لكوكب الأرض لدراستها. كل ما أبداه هو اهتمامه بإرسال شخص إلى هناك وإعادته إلى الوطن. لقد كانت إيماءة. وقد أخبرني المستشار العلمي لكينيدي، جيروم ويسنر، فيما بعد، أنه أبرم صفقة مع الرئيس: مع أن كينيدي لم يزعم أن أبوللو كانت بشأن العلم، فإنه، أي ويسنر، قام بدعمه. إذن، إن لم تكن أبوللو بشأن العلم، فما هو هدفها؟

إن برنامج أبوللو، بالفعل، متعلق بالسياسة ـ هكذا أخبرني آخرون. وهنا بدا الأمر واعدا أكثر. فالدول غير المنحازة ستجد إغراء في التحول نحو الاتحاد السوفييتي إذا سبق في استكشاف الفضاء، ولو أبدت الولايات المتحدة «حماسا قوميا غير كاف». ولكني لم أتبع هذا القول. فالولايات

المتحدة كانت متقدمة عن الاتحاد السوفييتي عمليا في كل مجال من مجالات التكنولوجيا ـ الاقتصاد العالمي، الجيش، بل وأحيانا حتى في مجال القيادة الأخلاقية ـ فهل ستصبح إندونيسيا شيوعية لأن يوري جاجارين تفوق على جون جلين في مدار كوكب الأرض؟ ما الشيء الخاص الذي يتعلق بتكنولوجيا الفضاء؟ وفجأة، فهمت الأمر.

إن إرسال أناس في مدارات حول كوكب الأرض، أو إرسال روبوت في مدار حول الشمس يتطلب صواريخ، صواريخ كبيرة وقوية، يمكن الاعتماد عليه. إنها الصواريخ نفسها التي يمكن استخدامها في الحرب النووية إلى منتصف الطريق حول الكرة الأرضية والتكنولوجيا نفسها التي تضع رائد الفضاء والتلسكوب في مدار كوكب الأرض، يمكن أن تضع أيضا «محطة حربية» لليزر. وحتى في تلك الفترة، كان يدور حديث غريب في الدوائر العسكرية، في الشرق والغرب، حول الفضاء باعتباره «أرضا علوية» جديدة، وحول الأمة التي «تسيطر» على الفضاء ومن ثم «تسيطر» على كوكب الأرض.

وبطبيعة الحال، اختبرت من قبل الصواريخ الاستراتيجية على الأرض. ولكن إطلاق مقذوف بالستي برأس زائف لطوربيد إلى منطقة مستهدفة في وسط المحيط الهادي لا يجلب مجدا كبيرا. أما إرسال أناس إلى الفضاء، فيستولي على اهتمام العالم وخياله.

إنك لن تنفق الأموال لإطلاق رواد الفضاء من أجل هذا السبب فقط، ولكن هذه الطريقة هي أفضل الطرق لإظهار فعالية الصاروخ. لقد كانت من طقوس الإنسانية القومية؛ كما أن شكل المعززات قد جعل هذه النقطة مفهومة بسهولة دونما حاجة لشرحها. ويبدو أن الاتصالات قد نُقلت من عقل غير واع إلى عقل غير واع دون تلك القدرات العقلية الفائقة التي تمسك بزمام ما يجري.

إن زملائي اليوم ـ الذين يكافحون من أجل الحصول على أي دولار لعلوم الفضاء ـ ربما نسوا كم كان يسيرا الحصول على الأموال من أجل «الفضاء» في أيام أبوللو المجيدة وقبلها مباشرة، ومن بين العديد من الأمثلة، ضع في اعتبارك تبادل الرأي الذي دار في اللجنة الفرعية لمخصصات الدفاع المنبثقة عن المجلس التشريعي في العام 1958، بعد سبوتنيك 1 بشهور قليلة. ويشهد بذلك ريتشارد ي. هورنر، السكرتير العام المساعد بالقوات الجوية؛ وكان

محاوره هو دانييل ج.فلود (ممثل الديموقراطيين في بنسلفانيا):

هورنر: ما هي وجهة النظر العسكرية التي تقضي بإرسال رجل إلى القمر؟ من وجهة النظر الكلاسيكية، لأن هناك ضرورة، هذا من جانب، ومن جانب آخر لأننا نخشى أن يصل الاتحاد السوفييتي أولا ويحرز مزايا عدة لم نكن نتوقع وجودها.

فلود: إذا وفرنا لكم جميع الأموال التي تقولون إنها ضرورية، بصرف النظر عن مقدارها، فهل يمكنكم في القوات الجوية أن تصدموا القمر بأي شيء؟ أي شيء قبل عيد الميلاد (الكريسماس)؟

هورنر: أشعر أننا نقدر بالتأكيد. يوجد دائما قدر من المخاطرة في مثل هذا النوع من التعهدات، ولكننا نشعر أننا قادرون على القيام بذلك؛ نعم ياسيدي.

فلود: هل طلبت من أحد في القوات الجوية أو إدارة الدفاع (*) أن يمدكم بقدر كاف من المال والمعدات والقوة البشرية، بدءا من منتصف ليل هذه الليلة، من أجل اقتطاع قطعة من كرة الجبن الخضراء تلك كهدية في عيد الميلاد للعم سام؟ هل طلبتم ذلك؟

هورنر: لقد قدمنا مثل هذا البرنامج إلى مكتب سكرتير إدارة الدفاع، وهو الآن تحت الدراسة.

فلود: أنا أوافق على إمدادهم بما يطلبون في هذه اللحظة، سيدي الرئيس، مع إضافاتنا، دون انتظار أن يأتي من قلب المدينة التجاري ويطلب ذلك. إذا كان هذا الرجل يعني ما يقوله، وإذا كان يعرف عما يتحدث ـ وأعتقد أنه كذلك ـ إذن لا ينبغي أن تنتظر هذه اللجنة أكثر من يومنا هذا ولو بخمس دقائق. يجب أن نعطيه كل الأموال والمعدات والقوى البشرية التي يطلبها، بغض النظر عما يقوله أو يرغب فيه أي فرد آخر ونقول له اذهب إلى قمة التل وافعل ذلك دونما نقاش.

عندما صاغ الرئيس كينيدي برنامج أبوللو، كان لدى إدارة الدفاع عدد كبير من مشروعات الفضاء تحت التطوير، وطرق لنقل العسكريين إلى الفضاء؛ ووسائل لإرسالهم في مهمات حول كوكب الأرض؛ وأسلحة روبوتية على قواعد مدارية معدة لإطلاق مقذوفات بالستية، وأقمار صناعية موجهة

(*) هكذا تسمى في الأدبيات الأمريكية، خلافا لما هو شائع في العالم باستخدام «وزارة الدفاع» - المراجع.

إلى أمم أخرى. لقد حلت أبوللو محل هذه البرامج، التي لم تصل أبدا إلى المرحلة الإجرائية، وهنا يمكن القول إن أبوللو قد خدمت غرضا آخر: تحريك المنافسة الأمريكية ـ السوفييتية الفضائية من المجال العسكري إلى المجال المدني. وهناك البعض الذي يعتقد أن كينيدي كان يستهدف من أبوللو أن تصبح بديلا لسباق التسلح في الفضاء. ربما.

وبالنسبة لي، كان أكثر التذكارات سخرية، في تلك اللحظة من التاريخ، يتمثل في تلك اللوحة التي وقعها الرئيس ريتشارد م. نيكسون وأخذتها أبوللو ـ 11 معها للقمر. وقد كتب عليها: «لقد أتينا في سلام من أجل البشرية» ولما كانت الولايات المتحدة في حينها تقوم بإسقاط 7,5 ميجا طن من المتفجرات التقليدية على أمم صغيرة في جنوب شرق آسيا، فقد هنأنا أنفسنا بإنسانيتنا: لن نؤذي أحدا على صخرة فاقدة الحياة. ولا تزال اللوحة موجودة هناك، ملحقة بقاعدة المركبة القمرية التابعة للسفينة أبوللو ـ 11 في ذلك المكان المقفر الخالي من الهواء في بحر الهدوء. وإذا لم يعترض أحد سبيل اللوحة، فسوف تظل صالحة للقراءة مليون سنة من الآن.

وهناك 6بعثات أخرى تلت أبوللو ـ 11، هبطت جميعها بنجاح، ما عدا واحدة، على السطح القمري. كانت أبوللو ـ 17 أول بعثة تحمل واحدا من العلماء. ولكن ما أن وصل إلى هناك، حتى ألغى البرنامج. وكان الشخص نفسه هو أول العلماء وآخر البشر الذين هبطوا على سطح القمر. لقد حقق البرنامج هدفه بالفعل الذي كان مرسوما في تلك الليلة من يوليو العام 1969. أما البعثات الست التالية، فكانت مجرد قوة دفع.

لم تكن بعثة أبوللو غالبا، تتعلق بالعلم. كما لم تكن تتعلق حتى بالفضاء. بل كانت تتعلق بالمواجهة الأيديولوجية والحرب النووية ـ التي كثيرا ما توصف بتعبيرات لطيفة مثل «القيادة» العالمية، و«الهيبة» القومية. ومع ذلك، كان علم الفضاء الصحيح قد أُنجِّز. إننا الآن نعرف أكثر عن تركيب القمر وعُمره وتاريخه وأصل تضاريسه. لقد حققنا تقدما في فهم أصل القمر. وقد استخدم بعضنا الإحصاءات الخاصة بالحفر والفوهات القمرية لتحقيق فهم أفضل لكوكب الأرض في فترة نشأة الحياة. ولكن الأهم هو ما وفرته أبوللو من حماية ومن مظلة أنجزت في ظلها سفن فضاء روبوتية ذات

هندسة رائعة لإرسالها عبر أرجاء المنظومة الشمسية، واستطاعت بالفعل إجراء استطلاع أولي لعشرات من العوالم. لقد وصل نسل أبوللو، الآن، إلى التخوم الكوكبية.

إن لم تكن من أجل أبوللو ـ ومن ثم، إن لم تكن من أجل الغرض السياسي الذي خدمته. فإنني أشك في أن بعثات الاستكشاف والكشف التاريخية الأمريكية، لمختلف أرجاء المنظومة الشمسية، ما كان لها أن تحدث. إن بعثات مارينر وڤايكينج وبيونير وجاليليو كانت من بين هبات أبوللو. أما بعثتي ماجلان وكاسيني. فهي من الأخلاف الأبعد. ويصدق شيء مشابه على الجهود السوڤييتية الرائدة في عمليات استكشاف المنظومة الشمسية، بما في ذلك أول هبوط سهل لسفن الفضاء الروبوتية. لونا ـ 9، ومارس ـ 3، وڤينيرا ـ 8. على عوالم أخرى.

لقد هيأت أبوللو لنا الثقة بالنفس، وفجرت الطاقة، ووفرت سعة في الرؤية استولت بالفعل على خيال العالم. وكان هذا أيضا جانبا من هدفها. لقد ألهمت نوعا من التفاؤل بشأن التكنولوجيا، وخلقت حماسا للمستقبل. فإذا كنا قادرين على الطيران إلى القمر، كما تساءل عديدون، فما الذي نقدر على القيام به أيضا؟ حتى أولئك الذين عارضوا سياسات ومواقف الولايات المتحدة، حتى أولئك الذين ظنوا بنا السوء، اعترفوا بعبقرية برنامج أبوللو وبطولته ومن جراء أبوللو، وصلت الولايات المتحدة إلى الرفعة.

عندما تحزم حقائبك لرحلة كبيرة، فإنك لا تعرف أبدا ماذا يخبئه لك القدر. لقد قام رواد فضاء السفينة أبوللو بتصوير كوكبهم الوطن وهم في طريقهم إلى القمر ومنه. وكان شيئا عاديا أن يقوموا بذلك، ولكن تبعاته لم يتنبأ بها سوى القليلين. فللمرة الأولى أصبح بإمكان سكان كوكب الأرض أن يروا عالمهم من أعلى ـ كوكب الأرض بكامله وبالألوان، كوكب الأرض ككرة دوّارة بيضاء وزرقاء فاتنة ترصِّع الظلام السحيق في الفضاء. وقد ساعدت هذه الصور في إيقاظ وعينا الكوكبي الذي كان يغط في سبات عميق. كما توفر دليلا لا يُدحض حول اشتراكنا في الكوكب نفسه العرضة للتأثر. إن هذه الصور تذكرنا بالمهم وبغير المهم. لقد كانت بشيرا للنقطة الزرقاء الباهتة التي شاهدتها ڤوييچر.

ربما وجدنا هذا المنظور في الوقت المناسب، وتحديدا مع ما تحمله

تكنولوجيتنا من تهديد لقابلية السكنى في عالمنا. ومهما كان السبب وراء حشدنا لبرنامج أبوللو في أول الأمر، ومع أنه كان مورَّطا في الحرب الباردة وأدوات الموت، فإن الإدراك الذي لا مفر منه لوحدة كوكب الأرض وهشاشته هو حصيلته الواضحة والمضيئة، وهبته الأخيرة غير المتوقعة. إن ما بدأ كمنافسة مميتة، قد ساعدنا على فهم أن التعاون العالمي يُعد الشرط الجوهري لبقائنا.

ويتسع نطاق السفر.

وقد آن الآوان لنهتدي إلى الطريق مرة أخرى.

14 استكشاف عوالم أخرى وحماية هذا العالم

إن الكواكب، في مختلف مراحل تطورها، تخضع للقوى المشكِّلة نفسها
التي تؤثر على كوكب الأرض، ولذا فإن لها التكوين الجيولوجي نفسه، وربما حياة ماضينا الخاص وربما المستقبل؛ ولكن الأبعد من ذلك أن هذه القوى تعمل، في بعض الحالات، في ظل ظروف شديدة الاختلاف
عن ظروف عملها على كوكب الأرض، ومن ثم لابد أن تطوِّر أشكالا
مختلفة عن تلك الأشكال التي عرفها الإنسان على الإطلاق. ومن البداهة أن قيمة مادة كهذه بالنسبة للعلوم المقارنة، تحتاج إلى نقاش.

روبرت هـ . جودارد، مذكرات (1907م)

رأيت الأفق، للمرة الأولى في حياتي كخط مُنحن. كان يبدو بارزا بخط رفيع من الضوء الأزرق الغامق. هو حدّ غلافنا الجوي ومن الواضح أن هذا لم يكن «محيط» الهواء الذي حُكِيِ لي عنه مرات كثيرة جدا في حياتي. لقد كنت مرعوبا من مظهره الهش.

أولف ميربولد
رائد فضاء ألماني، 1988

عندما تنظر لأسفل، إلى كوكب الأرض، من ارتفاعات مدارية، فإنك ترى عالما جميلا هشا مطمورا في فراغ أسود. ولكن إنعام النظر في قطعة من كوكب الأرض من خلال كوة في سفينة الفضاء لا يعد شيئا بالنسبة لمتعة رؤية الكوكب بأكمله أمام ذلك الستار الخلفي الأسود، أو ـ وهو الأفضل ـ أن تلقي نظرة شاملة عبر مجال رؤيتك وأنت تطفو سابحا في الفضاء غير مثقل بعبء سفينة فضاء. وكان أول إنسان خاض هذه التجربة هو ألكسي ليونوف، الذي غادر ڤوسخود ـ2، في 18 مارس 1965، من أجل «السير» الفضائي المبتكر: «إنني أنظر لأسفل، نحو كوكب الأرض» هكذا يقول متذكرا، «وأول فكرة جالت بخاطري أن العالم مستدير، بعد كل شيء. إنني أستطيع، بلمحة واحدة، أن أرى مشهدا يمتد من جبل طارق إلى بحر قزوين... لقد شعرت أنني مثل طائر ـ لديه أجنحة، وقادر على الطيران».

وعندما تشاهد كوكب الأرض من مسافة بعيدة، كما فعل رواد الفضاء في أبوللو، تجدها تنكمش،

بشكل واضح، من ناحية الحجم، حتى لا يبقى إلا قدر قليل من جغرافيتها. إنك تندهش من قدر اكتفائها الذاتي. وأحيانا تغادرها ذرة من الهيدروجين؛ وتصل إليها طقطقة من غبار مذنبي. إن ضوء الشمس المتولد بواسطة الآلة الحرارية النووية الضخمة الصامتة في أعماق جوف الشمس، يتدفق من الشمس في جميع الاتجاهات، ويعترض كوكب الأرض سبيل ما يكفي منه لتوفير قدر ضئيل من الإنارة وقدر من الحرارة يفي بأغراضنا المتواضعة، وبغض النظر عن هذه المسألة، فإن هذا العالم الصغير يتولى مسؤولية نفسه.

يمكنك أن تراه من على سطح القمر، ربما كهلال، حتى قاراته لا تبدو واضحة. ومن نقطة متميزة في الكوكب الأكثر بعدا يبدو مجرد نقطة من الضوء الباهت.

ومن مدار كوكب الأرض، يدهشك قوس الأفق الأزرق الرقيق - الغلاف الجوي الرقيق لكوكب يرى متماسكا، ويمكنك أن تدرك سبب أنه لم يوجد هناك بعد شيء ما مثل المشكلة البيئية المحلية. إن الجزيئات غبية. والسموم الصناعية، والغازات الدفيئة، والمواد التي تهاجم طبقة الأوزون الواقية، لا تحترم الحدود بسبب جهلها المُطبق. إنها غافلة عن فكرة السيادة القومية. وبالتالي، فنتيجة لقوى تكنولوجيتنا الأسطورية (وسيادة التفكير قصير المدى)، فإننا، على المستوى القاري والكوكبي، على عتبة وضع المخاطر أمام أنفسنا. وبشكل صريح، فإن حل هذه المشكلات يتطلب أن تعمل العديد من الأمم معا في تناسق عبر سنوات عديدة.

ويدهشني مرة أخرى ما يحمله الطيران الفضائي من سخرية - إذا ما أدركناه في إطار مرجَل الضغائن والمنافسات القومية - إذ يحمل بين طياته رؤية عبر قومية مذهلة. إنك لو قضيت حتى ولو وقت قليل تتأمل كوكب الأرض من المدار، ستجد أن القوميات الأعمق رسوخا تبدأ في التآكل. إنها تبدو مثل منازعات السوس على ثمرة برقوق.

وإذا كنا مرتبطين بعالم واحد، فإن قضية واحدة تحدنا؛ إننا لا نعرف ما هو الممكن أيضا، وعندئذ فإن منظور رؤيتنا - مثل عاشق للفن لا يعرف سوى رسوم مقابر الفيوم، وطبيب أسنان لا يعرف سوى الضروس، وفيلسوف تثقف، فحسب، في الأفلاطونية الجديدة، وعالم لغة لم يدرس سوى اللغة

الصينية، وعالم فيزياء لا تمتد معرفته بالجاذبية إلى ما هو أكثر من الأجسام الهابطة إلى الأرض ـ تقصُر، وتضيق بصيرتنا وتتقيد قدراتنا التنبؤية. وفي المقابل، فعندما نستكشف عوالم أخرى، نجد ما بدا يوما ما أنه الأسلوب الوحيد الممكن لكوكب، قد اتضح أنه في مكان ما وعلى المدى المتوسط، مجال واسع من الاحتمالات. وعندما ننظر إلى تلك العوالم الأخرى، فإننا نبدأ في فهم ما يحدث عندما نمتلك الكثير جدا من شيء واحد أو القليل جدا من شيء آخر. إننا نتعلم كيف يمكن أن تحدث الأخطاء في كوكب ما. إننا نكتسب فهما جديدا، استشرفه روبرت جو دار، رائد الرحلات الفضائية، وهو فهم يسمى علم الكواكب المقارن.

إن عملية استكشاف العوالم الأخرى قد فتحت أعيننا على مجال دراسة البراكين والزلازل والمناخ. وربما يكون لها تضمينات عميقة بالنسبة لعلم الأحياء، لأن جميع أنواع الحياة على كوكب الأرض تبنى على خطة أساسية مشتركة للكيمياء الحيوية. واكتشاف كائن حيّ واحد غير أرضي ـ حتى وإن كان شيئا متواضعا مثل نوع من البكتيريا ـ يمكن أن يؤدي إلى تثوير إدراكنا للكائنات الحية. ولكن الرابطة بين استكشاف عوالم أخرى وحماية هذا العالم تبدو أكثر وضوحا في مجال دراسة مناخ كوكب الأرض وما يتوعده من تهديدات آخذة في الانتشار ـ إنها التهديدات التي تضعها تكنولوجيتنا الآن. إن العوالم الأخرى تمدنا ببصائر حيوية حول ما لا تقوم بعمله الأشياء الصماء على كوكب الأرض.

وقد أمكن الكشف مؤخرا عن ثلاث كوارث بيئية محتملة على مستوى الكوكب ككل: استنفاد طبقة الأوزون، ومفعول الدفيئة، والشتاء النووي. ولقد اتضح أن الاكتشافات الثلاثة ترتبط بالاستكشافات الكوكبية:

(1) لقد كان من المزعج أن نكتشف أن مادة خاملة بكل أنواع التطبيقات العملية ـ تُستخدم كسائل في البرادات وأجهزة التكييف وكمادة دافعة في رشاشات الرذاذ ومزيلات الروائح الكريهة، وغيرها من المنتجات؛ وفي عمليات التعبئة الأسفنجية ذات الوزن الخفيف للأطعمة السريعة؛ وكعامل تنظيف في مجال الميكرو إلكترونيات، هذا مع ذكر البعض القليل فقط ـ يمكن أن تعرض الحياة على كوكب الأرض للخطر. فمن أمكنه أن يتصور هذا؟

إن الجزيئات التي نتحدث عنها تسمى كلوروفلوروكربون (CFCs). وهي جزيئات خاملة كيميائيا بأقصى درجة وهو ما يعني أنها غير عُرضة للتأثر - حتى تجد نفسها عاليا في طبقة الأوزون، وعندئذ تتحطم عن طريق ضوء الأشعة فوق البنفسجية القادم من الشمس. إن ذرات الكلور التي تتحرر، تهاجم طبقة الأوزون الواقية وتحطمها، مما يجعل المزيد من ضوء الأشعة البنفسجية يصل إلى كوكب الأرض. وهذه الشدة المتزايدة للأشعة فوق البنفسجية تواكب التقدم المروع للنتائج المحتملة، التي لا تشتمل فحسب على الإصابة بسرطان الجلد والكاتاراكت (إعتام عدسة العين)، وإنما أيضا على إضعاف نظام المناعة البشرية. أما النتيجة الأكثر خطورة، فتتمثل في الضرر المحتمل للزراعة وللكائنات الحية التي تقوم بالبناء الضوئي والموجودة عند قاعدة السلسلة الغذائية التي تعتمد عليها غالبية أنواع الحياة على كوكب الأرض.

من الذي اكتشف أن الكلوروفلورو كربون يشكل تهديدا لطبقة الأوزون؟ هل هو الصانع الأساسي، مؤسسة دوبونت (Du Pont) التي تضطلع بمسؤولية مشتركة؟ هل هي وكالة حماية البيئة (Environmental Protection Agency) التي تعمل على حمايتنا؟ هل هي إدارة الدفاع التي تعمل على الدفاع عنا؟ كلا، لقد كان اثنان من العلماء أساتذة الجامعات، يقبعان في برج عاجي ويلبسان معاطف بيضاء، ويعملان في موضوع آخر - هما شيرود رولاند وماريو مولينا بجامعة إرفين بولاية كاليفورنيا. لم تكن حتى جامعة أيفي ليج. ولم يطلب أحد منهم دراسة المخاطر التي تواجه البيئة، فقد كانا يتابعان بحثا أساسيا. وكانا عالمين يسيران وفق اهتماماتهما الخاصة. وينبغي أن يعرف اسميهما كل تلميذ صغير في المدرسة.

لقد استخدم رولاند ومولينا، في حساباتهما الأصلية، ثوابت لمعدلات التفاعلات الكيميائية تتضمن الكلور وغيره من الهالوچينات التي كانت «ناسا» قد ساعدت جزئيا في قياساتها. ولماذا ناسا؟ لأن كوكب الزهرة يضم في غلافه الجوي جزيئات كلور وفلور، وكان علماء الطيران الكوكبي يريدون فهم ماذا يجرى هناك.

وسرعان ما قامت مجموعة بقيادة ميشيل ماك ايلوري بجامعة هارفارد بتأكيد المفعول النظري لدور الكلوروفلوروكربون في تآكل طبقة الأوزون.

فكيف تسنى لهم الحصول على كل تلك الشبكات المتفرعة من علم حركة كيمياء الهالوچينات في أجهزة الكمبيوتر التابعة لهم؟ حدث ذلك لأنهم كانوا يعملون في مجال كيمياء الكلور والفلور في الغلاف الجوي للزهرة. وقد ساعد كوكب الزهرة في صنع وتأكيد الاكتشاف الخاص بالخطر الذي تتعرض له طبقة الأوزون المحيطة بكوكب الأرض. لقد تم الكشف عن علاقة غير متوقعة على الإطلاق، بين الكيمياء الضوئية للغلاف الجوي للكوكبين. وبرزت نتيجة مهمة لكل فرد على كوكب الأرض، وذلك مما كان يمكن أن يبدو نوعا من العمل الواضح المجرد غير العملي، أي فهم كيمياء المكونات الدقيقة في الغلاف العلوي لعالم آخر.

وللموضوع علاقة أيضا بكوكب المريخ. فمن خلال السفينة ڤايكنج وجدنا أن سطح المريخ يبدو بلا حياة وتنقص فيه، بشكل ملحوظ، حتى الجزيئات العضوية البسيطة. ولكن الجزيئات العضوية البسيطة من المحتمل جدا أن توجد عليه، نظرا لتأثير الشهب الغنية بالمادة العضوية من حزام الكويكبات السيارة القريب. ويُعزى هذا النقص لحد بعيد إلى عدم وجود الأوزون على المريخ. كما اكتشفت تجارب الميكرو بيولوجيا التي قامت بها السفينة ڤايكنج أن المادة العضوية المحمولة من كوكب الأرض إلى المريخ، والتي تناثرت على غبار سطح المريخ، سرعان ما تأكسدت وأُتلفت. وذلك لأن المواد الموجودة في التراب، والتي تعمل على الإتلاف، ليست سوى جزيئات شيء ما يماثل بيروكسيد الهيدروجين - وهو الذي نستخدمه كمطهر لأنه يقتل الميكروبات عن طريق أكسدتها. إن الضوء فوق البنفسجي القادم من الشمس يرتطم بسطح المريخ دون إعاقة من طبقة أوزون؛ ولو كانت هناك أي مادة عضوية، لكان الضوء فوق البنفسجي ذاته، ومنتجات الأكسدة الناجمة عنه، قد تسبّبا في إتلافها، وهكذا، فإن جزءا من السبب في أن الطبقات العليا من تربة المريخ مطّهرة هو أن للمريخ ثقب أوزون ذا أبعاد كوكبية - إنها في حد ذاتها، قصة تحذيرية مفيدة لنا، نحن الذين ننشغل بترقيق وثقب طبقة الأوزون حول كوكبنا.

(2) ومن المتوقع أن تسفر التدفئة الكوكبية عن زيادة مفعول الدفيئة الناجمة بدرجة كبيرة عن ثاني أكسيد الكربون، المتولد من احتراق الوقود الحفري - وأيضا من تعاظم غازات أخرى ماصة للأشعة تحت الحمراء

(أكسيدات النيتروجين، والميثان، وذات الكلوروفلوركربون؛ وغير ذلك من جزيئات).

نفترض أن لدينا نموذج كمبيوتر ذا دوران عام ثلاثي الأبعاد خاصا بمناخ الأرض. ويزعم المسؤولون القائمون على إعداد البرامج أن الجهاز قادر على التنبؤ بما سيكون عليه كوكب الأرض إذا كانت هناك زيادة من مكون ما للغلاف الجوي أو نقص من مكون آخر. ويعمل النموذج بشكل جيد جدا عند «التنبؤ» بالمناخ الحالي. ولكن يوجد قلق مستمر: لقد تم «ضبط» النموذج حتى يعمل بصورة صحيحة ـ أي: أن بارامترات (*) معينة قابلة للتعديل تُختار، لا من مبادئ الفيزياء الأولية، وإنما للحصول على إجابة صحيحة. ولا يعني هذا بالضبط أننا نقوم بعملية غش، وإنما إذا طبقنا نموذج الكمبيوتر نفسه على أنظمة مناخية مختلفة ـ تدفئة كوكبية عميقة، على سبيل المثال ـ فإن درجة «الضبط» قد لا تكون صحيحة عندئذ. أي أن النموذج صحيح بالنسبة للمناخ الحالي، لكنه غير استقرائي بالنسبة لغيره.

ويُعد تطبيق هذا البرنامج على المناخات المختلفة جدا للكواكب الأخرى أحد الطرق لاختباره. فهل يقدر البرنامج على التنبؤ بتكوين الغلاف الجوي على المريخ وحالة المناخ هناك؟ والطقس؟ وماذا عن كوكب الزهرة؟ وإذا فشل البرنامج في حالات الاختبار هذه، فإننا نكون محقين إذا لم نثق به فيما يتعلق بالتنبؤات حول كوكبنا. وفي واقع الأمر، تعمل نماذج المناخ المستخدمة حاليا بشكل جيد في التنبؤ بأنواع المناخ على كوكبي الزهرة والمريخ، انطلاقا من المبادئ الأولية للفيزياء.

وعلى كوكب الأرض، من المعروف أن التدفقات الضخمة من الحمم البركانية المنصهرة تُعزى إلى الذؤابات الكبرى التي تنتقل بفعل الحمل الحراري من الوشاح الصخري العميق مولدة هضابا ضخمة من البازلت المتجمد. وقد حدث مثال مذهل من حوالي مائة مليون سنة، وربما أضاف ما يصل إلى عشرة أضعاف نسبة محتوى ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي، متسببا في ارتفاع عالمي أساسي في درجة الحرارة. ومن المعتقد أن هذه الذؤابات تحدث بصورة عارضة عبر تاريخ كوكب الأرض. ويبدو أن

(*) البارامترات: أي مجموعة خواص فيزيائية تحدد قيمها الخصائص المميزة أو السلوك لشيء ما. وتشمل بارامترات الغلاف الجوي، مثلا، درجة الحرارة والضغط والكثافة. - المراجع.

تدفقا مماثلا من الوشاح الصخري قد حدث على كوكبي المريخ والزهرة. وهناك أسباب عملية صحيحة وراء رغبتنا في فهم كيف أن تغيرا أساسيا في سطح كوكب الأرض ومناخه يمكن أن يأتي فجأة دون إنذار من مئات الكيلومترات تحت أقدامنا.

كيف توصل هانسن إلى الاهتمام بمفعول الدفيئة في المقام الأول؟ إن أطروحة الدكتوراه التي قدمها (بجامعة إيوا العام 1967) كانت حول كوكب الزهرة. وقد وافق على أن اللمعان الراديوي المرتفع لكوكب الزهرة يرجع إلى سخونة سطح الكوكب الشديدة، كما وافق على أن غازات الدفيئة تحتفظ بالحرارة، ولكنه طرح أن الحرارة القادمة من الجوف، وليس من ضوء الشمس، هي المصدر الأساسي للطاقة. إن مهمة بيونير ـ 12 لكوكب الزهرة العام 1978 كانت تستهدف إدخال مجسات للغلاف الجوي للكوكب. وقد أوضحت هذه المجسّات بشكل مباشر، أن تأثير الدفيئة العادي- تسخين السطح عن طريق الشمس واحتفاظ الغطاء الهوائي بالحرارة- كان السبب الفعال وبالتالي فإن كوكب الزهرة هو الذي قاد تفكير هانسن إلى مفعول الدفيئة.

ولعلك تلاحظ أن علماء الفلك المتخصصين في مجال الراديو يجدون أن كوكب الزهرة يمثل مصدرا قويا لموجات الراديو. وقد فشلت جميع التفسيرات الأخرى لانبعاثات الراديو. ويمكنك أن تستنتج أن السطح، ويالسخرية، لابد أن يكون ساخنا، وتحاول أن تفهم من أين تأتي درجات الحرارة العالية، وتصل بعناد لنوع أو آخر من أنواع مفعول الدفيئة. وبعد عقود عدة، تجد أن هذا التدريب قد أعدك لفهم التهديد غير المتوقع لحضارتنا العالمية ومساعدتك على التنبؤ به. وإنني لعلى دراية بأمثلة أخرى عديدة كان فيها العلماء الذين حاولوا إيجاد حل للغز الأغلفة الجوية للعوالم الأخرى يتوصلون إلى اكتشافات مهمة وعملية حول هذا اللغز. إن الكواكب الأخرى تعد بمنزلة أرضية تدريب رائعة للطلاب على كوكب الأرض. ويتطلب الأمر اتساعا وعمقا في المعرفة وتحديا للخيال.

إن من يتشكك في مفعول دفيئة ثاني أكسيد الكربون من المفيد أن يلحظ مفعول الدفيئة الضخم على كوكب الزهرة. ولا يفترض أحد أن مفعول دفيئة الزهرة مستمد من حرق أهل الزهرة الحمقى لكمية كبيرة من

الفحم، أو قيادتهم لسيارات تستخدم الوقود بأسلوب يفتقر إلى الكفاءة، أو أنهم يقومون بقطع غاباتهم. إن الموضوع الأساسي عندي يختلف عن ذلك. والتاريخ المناخي لكوكبنا المجاور هو تاريخ مختلف لكوكب شبيه بكوكب الأرض، أصبح سطحه ساخنا بقدر يكفي لصهر القصدير أو الرصاص، وتجد دراسته، على نحو خاص، من جانب هؤلاء الذين يقولون بأن مفعول الدفيئة المتزايد على كوكب الأرض سوف يصحح نفسه، وليس علينا أن نقلق بشأنه، أو أن مفعول الدفيئة ذاته هو «خدعة» (كما نرى في مطبوعات الجماعات التي تطلق على نفسها جماعات المحافظين).

(3) يقصد بالشتاء النووي الظلام والبرودة المتوقعان لكوكب الأرض ـ المتولد في الغالب من جزيئات دخان دقيقة محقونة في الغلاف الجوي نتيجة حرق المدن ومنشآت النفط ـ والذي من المتوقع أن يتبع أيضا حربا عالمية حرارية نووية. وقد تمخض عن ذلك نقاش علمي نشط يدور حول مدى خطورة الشتاء النووي. وقد أخذت مختلف الآراء تتلاقى الآن. إن جميع نماذج أجهزة الكمبيوتر ثلاثية الأبعاد تتنبأ بأن درجات الحرارة لعموم كوكب الأرض، الناجمة عن حرب عالمية حرارية نووية، قد تكون أبرد من درجات حرارة عصر البلستوسين الجليدي. وستترتب عليها تبعات رهيبة على حضارتنا الكوكبية ـ وخاصة عبر انهيار الزراعة. إنها النتيجة المنطقية للحرب النووية التي كانت تتغافل عنها، بشكل ما، السلطات المدنية والعسكرية في الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي وبريطانيا وفرنسا والصين، عندما قررت أن تجمع ما يزيد عن 60 ألفا من الأسلحة النووية، وعلى الرغم من صعوبة التأكد من مثل هذه الأمور، إلا أن توقع الشتاء النووي لعب دورا بناء (وكانت هناك، بطبيعة الحال، أسباب أخرى) في إقناع الأمم ذات التسليح النووي، وخاصة الاتحاد السوفييتي، بعبث الحرب النووية.

لقد أمكن حساب الشتاء النووي وتسميته للمرة الأول في العام 1982ـ1983 عن طريق مجموعة تضم خمسة علماء، أفخر بالانتماء إليها. وقد أطلق على الفريق الرموز التالية TTAPS، ويشير كل حرف إلى اسم كل عالم منهم (ريتشارد ب. توركو، أوين ب. توون، توماس أكرمان، جيمس بولاك، وأنا) ومن بين هؤلاء العلماء الخمسة كان اثنان منهم عالمين في مجال الكواكب، أما الثلاثة الآخرون فقد نشروا العديد من الأوراق البحثية عن علم الكواكب.

إن الإعلان المبكر عن الشتاء النووي حدث خلال مهمة مارينر ـ9 إلى كوكب المريخ، عندما هبت عاصفة رملية شاملة، لم تمكننا من رؤية سطح الكوكب. وقد وجد جهاز السبكترومتر للأشعة تحت الحمراء، الموجود على السفينة الفضائية أن الغلاف الجوي الأعلى أدفأ وأن السطح أبرد من المعتاد. وقد جلست مع جيم بولاك وحاولنا إجراء حسابات لمعرفة أسباب ذلك. وعبر الاثنتي عشرة سنة التالية، قادنا خط البحث هذا من العواصف الترابية على كوكب المريخ إلى الدخان البركاني على كوكب الأرض، فالانقراض المحتمل للديناصورات نتيجة للتراب التصادمي، فالشتاء النووي، إنك لا تعرف أبدا إلى أين سيأخذك العلم.

إن علم الكواكب يعزز نظرة شاملة للعلوم في ترابطها، وهي نظرة مفيدة تثبت إلى حد كبير في مجال اكتشاف الكوارث البيئية التي تلوح لنا، ومحاولة تخفيفها أو الحد من أضرارها. وعندما تلقي نظرة على العوالم الأخرى، فإنك تكتسب منظورا حول هشاشة البيئات الكوكبية ومدى إمكانات البيئات الأخرى المختلفة تماما. وربما ما زلنا لم نكشف بعد عن كوارث أخرى عالمية محتملة. وإذا ما صح ذلك، فإنني لعلى يقين بأن علماء الكواكب سيلعبون دورا مركزيا في فهم هذه الكوارث.

من بين جميع مجالات الرياضيات والتكنولوجيا والعلوم، فإن مجال «كوكب الأرض وعلوم الفضاء» يعد المجال الذي يحظى بأكبر تعاون دولي (كما يتحدد بقدر المؤلفين المشتركين في تقديم الأوراق البحثية من أكثر من دولة). إن دراسة هذا العالم أو ذاك، من حيث طبيعتها الفعلية تتسم بطابع غير محلي، وغير قومي، وغير شوفيني. ونادرا جدا ما ينخرط الناس في هذه المجالات لأنها مجالات دولية. إنهم يشاركون فيها دائما وتقريبا لأسباب أخرى، ثم يكتشفون أن بحثا رائعا، بحثا يشاد فيه ببحوثهم الخاصة، مُقدم عن طريق باحثين من أمم أخرى. وعندما تحتاج إلى حل مشكلة، فإنك تحتاج أيضا إلى بيانات أو إلى منظور (مشهد للسماء الجنوبية على سبيل المثال) غير متاحين في بلدك. وما إن تخوض تجربة هذا التعاون ـ بشر من مختلف أنحاء الكوكب يبحثون كشركاء، بلغة علمية ذكية متبادلة، مهما كانت اهتماماتهم المشتركة ـ حتى يصعب ألا تتخيل حدوث مثل هذا التعاون في أمور أخرى غير علمية. أنا نفسي أعتبر هذا الجانب من كوكب الأرض

وعلوم الفضاء قوة شافية وموحِّدة من السياسات العالمية. وسواء أكان جانبا مفيدا أم لا، فإنه يُعد أمرا لا فكاك منه.

وعندما أنظر إلى الدليل، يبدو لي أن الاستكشاف الكوكبي يتسم بفائدة عملية وملحة بالنسبة لنا على كوكب الأرض. وحتى إن لم تحرضنا عوالم أخرى، وحتى إن لم تكن لدينا ذرة روح المغامرة، وحتى إن كنا نهتم بأنفسنا فحسب، وبأضيق معنى ممكن، فإن الاستكشاف الكوكبي سيظل، مع ذلك، يشكل استثمارا رائعا.

15 بوابات عالم العجائب تنفتح

في يوم ما قادم، ربما يكون وشيكا، سوف توجد أمة ـ والأكثر احتمالا جمع من الأمم ـ تقوم بالخطوة الأساسية التالية في مغامرة إرسال بشر إلى الفضاء. وربما تحدث هذه الخطوة عبر الالتفاف حول البيروقراطيات، والاستفادة بكفاءة التكنولوجيات الحالية. وربما يتطلب الأمر تكنولوجيات جديدة، تتجاوز الصواريخ الكيميائية العظمى كثيرة الأخطاء. وأطقم هذه السفن سوف تضع أقدامها على عوالم جديدة. وهناك، في مكان ما بأعلى، سوف يولد أول طفل، وسوف تبدأ أولى خطوات الحياة خارج كوكب الأرض. سنكون في طريقنا. وسوف نتذكر المستقبل.

إن كوكب المريخ، المعذَّب والمهيب، هو العالم المجاور وأقرب كوكب يمكن أن يهبط عليه ملاح فضاء من الغرب أو من الشرق (*) بسلام، وعلى الرغم من أن المريخ يتسم أحيانا بمناخ دافىء، مثل شهر أكتوبر في نيوإنجلند فإنه مكان شديد البرودة،

بوابات الفيض العظيم لعالم العجائب تنفتح متأرجحة
هيرمان ميلفيل، موبي ديك

(*) للضرورة اضطررنا إلى هذه التفرقة في هوية ملاحي الفضاء لأن الأصل يورد مترادفين للكلمة أحدهما astonaut والآخر cosmonaut. ويستخدم المؤلف المرادف الأول للدلالة على ملاح فضاء أمريكي، والمرادف الثاني للدلالة على ملاح فضاء سوفييتي أو روسي وهو منحوت من الروسية ودخل اللغة الإنجليزية - المراجع.

وباعث على الارتجاف حتى أن جزءا من غلافه الجوي الرقيق، المكون من ثاني أكسيد الكربون، يتجمد مثل الجليد الجاف في القطب الشتوي.

إنه أقرب كوكب يمكن أن نرى سطحه بتلسكوب صغير. وفي جميع أرجاء المنظومة الشمسية، يعد أكثر الكواكب شبها بكوكب الأرض. وبغض النظر عن التحليق بالقرب من المريخ، لم تنجح بالكامل سوى مهمتين إليه هما: مارينر ـ9 في العام 1971، وفايكنج ـ1 و2 في العام 1976. وقد كشفت المهمتان عن واد متصدع عميق يمكن أن يمتد مسافة تماثل المسافة من نيويورك إلى سان فرانسيسكو؛ وعن جبال بركانية ضخمة يصل ارتفاع أكبرها إلى 80 ألف قدم فوق متوسط ارتفاع سطح المريخ، أي حوالي ثلاثة أضعاف ارتفاع قمة إفرست؛ وعن بنية معقدة ذات طبقات في، وضمن، الجليد القطبي، وتشبه كومة مرمية من فيشات لعبة البوكر، وربما سجلا للتغير المناخي السابق. كما كشفت المهمتان أيضا عن خطوط لامعة داكنة مرسومة على السطح بفعل تراب ناجم عن عصف الرياح، مما يقدم لنا خرائط لرياح عالية السرعة هبت على المريخ عبر العقود والقرون الماضية. هذا فضلا عن العواصف الترابية الضخمة المطوقة للكوكب ومعالم السطح المبهمة.

كما يمكن أن توجد أيضا، في الأراضي المرتفعة الجنوبية ذات الفوهات، غالبا، مئات من القنوات المتعرجة وشبكات الأودية، التي يرجع تاريخها إلى بلايين عدة من السنين. وتوحي هذه التضاريس بعصر سابق أكثر اعتدالا، يشبه في ظروفه كوكب الأرض ـ ومختلف تماما عما نجده أسفل الغلاف الجوي الضعيف والبارد لعصرنا. ويبدو أن بعض القنوات القديمة قد نقشت بفعل هطول الأمطار، والبعض الآخر بسبب الانهيارات الجوفية، وهناك البعض الذي تكّون نتيجة للفيضانات الكبرى التي تفجرت مندفعة إلى السطح. وكانت الأنهار تتدفق وتملأ أحواض التصادم الكبرى، التي يبلغ قطرها ألف كيلومتر والتي أصبحت الآن جافة مثل التراب. إن شلالات المياه التي تجرف أي شيء على كوكب الأرض الآن، سقطت مثيلتها في بحيرات المريخ القديم. وهناك محيطات شاسعة يصل عمقها إلى مئات الأمتار، بل ربما، حتى، إلى كيلومتر، وربما يكون الجزء العميق قد لمس خطوط الشاطئ التي نراها بالكاد اليوم. كان هذا عالما صالحا

للاستكشاف. وقد تأخرنا عليه أربعة ملايين سنة [1].

وعلى كوكب الأرض، وفي الفترة ذاتها تحديدا، نشأت وتطورت أول كائنات حية دقيقة. إن الحياة على كوكب الأرض ترتبط ارتباطا وثيقا بالماء السائل، ولأسباب كيميائية في الأساس. إن تركيب كل واحد منا، كبشر، يتكون ثلاثة أرباعه من المياه. نوع الجزيئات العضوية التي سقطت من السماء وتولدت في هواء وبحار كوكب الأرض القديم، ينبغي أن تكون قد تراكمت على كوكب المريخ القديم. فهل من الملائم القول إن الحياة ظهرت بسرعة في مياه كوكب الأرض المبكر، ولكنها بطريقة أو بأخرى قيدت وكبحت في مياه المريخ المبكر؟ أم هل من المحتمل أن تكون بحار المريخ قد امتلأت بالكائنات الحية الطافية والمتوالدة والمتطورة؟ ومن ثم ما هي الوحوش الغريبة التي سبحت هناك ذات يوم؟

ومهما كانت دراما تلك العصور السحيقة، فقد بدأت تسير في اتجاه خاطئ منذ حوالي 3,8 بليون سنة. يمكننا أن نرى أن تآكل الفوهات القديمة بدأ يتباطأ فجأة. ومع ترقق الغلاف الجوي، وتوقف تدفق الأنهار، وبداية جفاف المحيطات، وهبوط درجات الحرارة، فإن الحياة كانت ستتراجع بالنسبة للسكان القليلين المتبقين المتجانسين، وربما الرابضين في قيعان البحيرات المغطاة بالجليد حتى زالت نهائيا هي الأخرى. أما الأجسام الميتة والحفريات المتبقية من الكائنات الغريبة - التي كانت مبنية من حيث المبدأ على أسس تختلف تماما عن أسس الحياة على كوكب الأرض - فقد جُمدت بشدة وهي تنتظر المستكشفين الذين ربما يصلون، في مستقبل ما بعيد، إلى المريخ.

إن النيازك هي شظايا لعوالم أخرى تُسترد على كوكب الأرض، وترجع أصول معظمها إلى التصادمات التي تحدث بين الكويكبات السيارة العديدة التي تدور حول الشمس بين مداري المريخ والمشتري، ولكن القليل من النيازك تولد من ارتطام نيزك ضخم بكوكب أو كويكب سيار عند درجة عالية من السرعة، وعندئذ تتشكل الفوهة وتندفع المادة السطحية المنحوتة نحو الفضاء، وبعد ملايين السنين يمكن أن يعترض عالم آخر سبيل جزء متناه في الصغر من الصخور الملفوظة.

وفي الأراضي القاحلة بقارة انتاركتيكا، نجد أن الجليد، في أماكن

متفرقة، مُنقَّط بالنيازك، المحفوظة بفعل درجات الحرارة المنخفضة حتى تغير وضعها حديثا بفعل تدخل الإنسان والبعض منها يُطلق عليه نيازك «سنيك» (SNC) [2]، ويتسم بشيء يصعب تصديقه للوهلة الأولى: في أعماق أبنيتها المعدنية والزجاجية، المحتجزة بعيدا عن تأثير تلوث الغلاف الجوي لكوكب الأرض، نجد قدرا ضئيلا من الغاز المحبوس. وعند تحليل هذا الغاز، اتضح أنه يحمل التركيب الكيميائي نفسه والنسب موحدة الخواص للهواء على المريخ، إننا لا نعرف ما يتعلق بهواء المريخ لا من خلال الاستدلال بالسبكترومتر فحسب، وإنما أيضا من خلال القياسات المباشرة التي قامت بها سفينة الهبوط ڤايكنج على سطح المريخ. وقد أدهشنا جميعا أن تأتي نيازك «سنيك» من المريخ.

لقد كانت في الأصل صخورا انصهرت ثم تجمدت مرة أخرى. يوضح التاريخ الإشعاعي لنيازك «سنيك» أن صخورها الأصلية قد تكاثفت من الحمم البركانية في فترة تقع ما بين 18 مليون إلى 1,3 بليون سنة منذ الآن. ثم سُحبت خارج الكوكب بعدئذ عبر التصادمات الفضائية. ومن معرفة زمن تعرضها للإشعاعات الكوكبية في رحلاتها عبر الكواكب، بين كوكبي المريخ والأرض، يمكننا أن نحدد أعمارها ـ منذ أن لفظها المريخ، وبهذا المعنى تتراوح أعمارها ما بين 10 ملايين إلى 700 ألف سنة. وهي تمثل أحدث 0,1٪ من تاريخ كوكب المريخ.

إن بعض المعادن التي تشتمل عليها تُظهر دليلا جليا على أنها كانت في الماء ذات يوم، ماء سائل دافىء. كما تكشف هذه المعادن الهيدروحرارية عن احتمال وجود ماء سائل، في فترة متأخرة، ربما في جميع أنحاء المريخ. وربما حدث ذلك عندما أدت الحرارة الجوفية إلى انصهار الجليد القائم تحت السطح. ومهما كان ما حدث، فمن الطبيعي التساؤل عمّا إذا كانت الحياة لم تنقرض بالكامل، أو أنها نجحت، بطريقة أو بأخرى، في الاستمرار بقوة في عصرنا في بحيرات سريعة الزوال تحت السطح، أو حتى في أغشية رقيقة من الماء المبلل لحبيبات تحت سطحية.

وقد تمكن عالما الكيمياء الجيولوجية، إيفريت جيبسون وهال كارلسون، بمركز جونسون للطيران الفضائي التابع لـ «ناسا»، من استخلاص نقطة مياه واحدة من أحد نيازك «سنيك». والنسب موحدة الخواص لما تحتوي

عليه من ذرات الأكسجين والهيدروجين تعد، تحديدا، غير أرضية. وإنني لأعتبر هذه المياه، من عالم آخر، تشجيعا للمستكشفين والمستوطنين في المستقبل.

تخيل ما الذي قد نكشف عنه إذا ما أحضرت إلى كوكب الأرض أعداد ضخمة من العينات، بما في ذلك الصخور والتربة التي لم تنصهر أبدا، آتية من مواقع بالمريخ مختارة لأهميتها العلمية. إننا نقترب من تحقيق هذه الإمكانية من خلال عربات الروبوت الصغيرة المتجولة.

إن انتقال المادة الواقعة تحت السطح من عالم إلى آخر تثير سؤالا مغيظا، فمنذ أربعة بلايين من الأعوام كان هناك كوكبان متجاوران، كلاهما دافئ وكلاهما رطب، وكانت التصادمات الفضائية تحدث في المراحل الأخيرة من نموّ هذين الكوكبين بمعدل يزيد كثيرا عن معدلات اليوم. وكانت العينات تندفع بقوة من كل عالم منهما نحو الفضاء. ونحن على يقين من أن الحياة كانت موجودة فوق أحدهما، على الأقل، في تلك الفترة. إننا نعرف أن كرة من الكتل الملفوظة تظل باردة خلال عمليات التصادم، والطرد، واللقاء مع عالم آخر. فهل من الممكن أن تكون بعض الكائنات الحية البدائية على كوكب الأرض قد انتقلت بشكل آمن إلى المريخ منذ أربعة بلايين عام، وبدأت الحياة على ذلك الكوكب؟ أو لنتأمل الأمر أكثر: هل يمكن أن نعزو نشأة الحياة على كوكب الأرض إلى انتقال مثل هذا من المريخ؟ هل يمكن أن يكون الكوكبان قد تبادلا، على نحو منتظم، أشكال الحياة لمئات الملايين من السنين؟ وإن الفكرة يمكن اختبارها. فإذا ما اكتشفنا أن الحياة كانت موجودة على كوكب المريخ ووجدنا أنها على كوكب الأرض. وأيضا إذا تأكدنا أن الأمر لا يعدو تلوثا ميكروبيا أحدثناه في سياق استكشافاتنا. فإن مسألة انتقال الحياة، منذ زمن بعيد، عبر الفضاء بين الكواكب ينبغي أن تؤخذ بجدية.

كان هناك اعتقاد، ذات يوم في أن الحياة وفيرة على كوكب المريخ. حتى أن عالم الفلك، الشكوكي الصارم، سيمون نيوكومب (في كتابه «علم الفلك للجميع»، الذي ظهرت منه طبعات عديدة في العقود الأولى من هذا القرن، وكان بمنزلة النص الفلكي الذي صاحب طفولتي) إلى ما يلي: «يبدو أن هناك حياة على كوكب المريخ. ولقد كان هذا القول يُعتبر ضربا من ضروب

الخيال منذ سنوات قليلة. أما الآن فهو قول مقبول بشكل عام». وكان نيوكومب سريعا في كوكب الأرض اليوم، وكما كان عليه الحال على كوكب الأرض في كل تاريخها تقريبا.

إن تجارب «استكشاف الحياة» التي أجرتها السفينة فايكنج كانت مصممة للكشف فحسب عن مجموعة فرعية من الأحياء التي يمكن تخيلها؛ إذ كان هناك تحيز لإيجاد نوع من الحياة يشبه النوع الذي نعرفه. وكانت المسألة ستصبح نوعا من البلاهة أن نرسل أدوات لا يمكنها، حتى الكشف عن الحياة على كوكب الأرض. لقد كانت الأدوات بالغة الدقة، وقادرة على الكشف عن الميكروبات في الصحاري الجافة غير الواعدة، والأراضي القاحلة على كوكب الأرض.

وقاست إحدى التجارب الغازات المتبادلة بين تربة المريخ وغلافه الجوي في وجود مادة عضوية من كوكب الأرض، وأحضرت تجربة ثانية مجموعة شديدة التنوع من المواد الغذائية العضوية مزودة بمادة تتبع إشعاعية لمعرفة ما إذا كانت هناك حشرات موجودة في تربة المريخ تأكل الطعام وتؤكسده إلى ثاني أكسيد كربون مشع، أما التجربة الثالثة فتمثلت في إدخال الكربون المشع (وأول أكسيد الكربون) إلى تربة المريخ لمعرفة ما إذا كان أي منها يمكن استهلاكه عن طريق الميكروبات المريخية، وأعتقد أن ما أثار دهشة جميع العلماء المشاركين في التجارب أن كل تجربة من التجارب الثلاث أسفرت عما بدا للوهلة الأولى نتيجة إيجابية. فقد تم تبادل الغازات وتأكسدت المادة العضوية واندمج ثاني أكسيد الكربون في داخل التربة.

ولكن ثمة أسبابا تدعو للاحتراس فلم يكن من المعتقد، عموما، أن تمثل هذه النتائج المثيرة دليلا راسخا على وجود حياة على سطح المريخ، فالعمليات الأيضية المفترضة لميكروبات المريخ تحدث في نطاق شديد الاتساع من الظروف داخل سفن الهبوط فايكنج - من الرطوبة (مع وجود الماء السائل المجلوب من كوكب الارض) والجفاف، والضوء والظلام، و البرودة (أعلى من درجة التجمد قليلا) إلى الحرارة(ما يعادل تقريبا درجة غليان الماء العادية)، وقد رأى كثير من علماء الكائنات الحية الدقيقة أنه من غير المرجح أن تكون ميكروبات المريخ قادرة على إحداث تلك النتائج بشدة في ظل مثل تلك الظروف المتنوعة، وأحد دوافع الشك القوية الأخرى يتمثل في

أن تجربة رابعة، للبحث عن المواد الكيماوية العضوية في تربة المريخ، أسفرت رغم دقتها البالغة وعلى نحو منتظم، عن نتائج سلبية، ونحن نتوقع أن الحياة على المريخ، مثل الحياة على كوكب الأرض. تتعضى من جزئيات تعتمد على الكربون، وكان غياب جزئيات كهذه مثبطا للمتفائلين من بيولوجيي الفضاء.

إن نتائج تجارب استكشاف الحياة التي بدت إيجابية، نعزوها الآن، بشكل عام، إلى المواد الكيماوية التي تؤكسد التربة، والمستقاة، في نهاية المطاف، من ضوء الشمس فوق البنفسجي (كما ناقشنا في الفصل السابق)، وما تزال مجموعة من علماء ڤايكنج تتساءل عن مدى إمكانية وجود كائنات حية مشاكسة وماهرة تنتشر بتباعد شديد على تربة المريخ ـ وهو ما يعني، في هذه الحالة، عدم القدرة على اكتشاف الكيمياء العضوية لهذه الكائنات، مع إمكان الكشف عما تقوم به من عمليات الأيض، ولا ينكر مثل هؤلاء العلماء أن المؤكسدات المتولدة بالأشعة فوق البنفسجية توجد على تربة المريخ، ولكنهم يؤكدون أن التفسيرات الكاملة لاستكشاف الحياة بواسطة ڤايكنج واعتمادا على عمليات الأكسدة وحدها ليست في المتناول، وقد ارتكزت التصورات المؤقتة على وجود مادة عضوية في نيازك «سنيك»، لكن يبدو أنها من الملوثات التي دخلت إلى النيزك بعد وصوله إلى عالمنا، وحتى الآن، لا توجد أي مزاعم عن وجود ميكروبات مريخية في هذه الصخور الآتية من السماء.

وربما لأن الأمر يبدو مثيرا لاهتمام عامة الناس فإن «ناسا»، فضلا عن غالبية علماء ڤايكنج شديدي الحذر بشأن متابعة الفرضية البيولوجية، وحتى في أيامنا هذه هناك الكثير الذي يمكن القيام به لدراسة البيانات القديمة بالاستعانة بأدوات على شاكلة أدوات ڤايكنج في منطقة أنتاركتيكا، وتربات أخرى تشتمل على قليل من الميكروبات، وذلك في بيئة مصطنعة معملية، لمعرفة دور المؤكسدات في تربة المريخ، كذلك إعداد تجارب للكشف عن هذه المواد ـ دونما استبعاد أي بحث آخر عن الحياة ـ في أي بعثات هبوط مستقبلية إلى المريخ.

وإن كان واقع الحال أنه لم تتحدد أي إشارات واضحة على وجود الحياة عن طريق مجموعة من التجارب بالغة الدقة في موقعين يبعدان عن بعضهما

5000 كيلو متر على كوكب معروف برياحه الشاملة التي تنقل الجزئيات الدقيقة فإن هذا ربما يوحي الآن، على الأقل، بأن المريخ كوكب بلا حياة، ولكن، إذا كان المريخ خاليا من الحياة فإن لدينا كوكبين متجاورين في المنظومة الشمسية نفسها ، يشتركان عمليا في العمر نفسه وظروف النشأة وتتطور الحياة على أحدهما ولا تتطور علي الآخر، لماذا؟

ربما ما يزال من الممكن الكشف عن البقايا الكيميائية أو الحفرية للحياة المبكرة على المريخ ـ قد توجد تحت السطح في حماية آمنة من الأشعة فوق البنفسجية ومنتجاتها المؤكسدة التي تعمل على إحماء السطح الآن، و على سطح صخرة معرضة للسقوط من فوق منحدر أو على ضفاف واد نهري قديم أو قاع بحيرة جافة، أو عند القطب، أو في منطقة صفائحية الطبقات، ربما ما يزال ينتظرنا دليل أساسي على وجود حياة فوق كوكب آخر.

ويبدو أن قمري كوكب المريخ، فوبوس وديموس، زاخران بمادة عضوية رغم عدم وجودها على سطح الكوكب، ويعود تارخها إلى باكورة تاريخ المنظومة الشمسية، فقد كشفت سفينة الفضاء السوفييتية فوبوس ـ 2 عن دليل على وجود بخار ماء يتصاعد من القمر فوبوس، كما لو كان جوفه جليديا وتم تسخينه عن طريق النشاط الإشعاعي ولربما أُسر قمر المريخ منذ فترة طويلة، من مكان ما في المنظومة الشمسية الخارجية وفي حدود التصور فإن هذين القمرين من بين الأمثلة القريبة المتاحة للمادة التي لم تتغير منذ باكورة المنظومة الشمسية، إن القمرين فوبوس وديموس شديدا الصغر، يبلغ قطر كل منهما عشرة كيلومترات تقريبا، ويمكن إهمال ما يبذلانه من جذب، ومن هنا، فمن السهولة نسبيا الالتقاء بهما، والهبوط عليهما، واختبارهما، بل واستخدامهما كقاعدة للعمليات من أجل دراسة المريخ، ثم العودة للوطن مرة أخرى.

إن المريخ ينادي، فهو مخزن للمعلومات العلمية. إنه يتسم بأهمية في حد ذاته، وأيضا لما يلقيه من ضوء على بيئة كوكبنا وما تزال بعض الألغاز والأمور الغامضة تنتظر حلا، حول جو المريخ، وطريقة نشأته وطبيعة البراكين على عالم لا يشتمل على رقائق تكتونية، وأسلوب نحت التضاريس على كوكب تهب عليه عواصف رملية لا نحلم بمثلها على كوكب الأرض فضلا

عن الأنهار الجليدية والتضاريس القطبية، وهروب الأغلفة الكوكبية الجوية، وأسر القمرين ـ هذا إذا ما أشرنا إلى عينات عشوائية تقريبا من الألغاز العلمية، وإذا كانت المياه السائلة والمناخ المعتدل متوفرين يوما ما على كوكب المريخ، فما الذي حدث؟ كيف أمكن بالفعل لعالم يشبه كوكب الأرض، أن يجف بشدة ويصبح قارسا بهذه الكيفية وخاليا نسبيا من الهواء؟ هل هناك شيء، في هذا السياق، يجب أن نعرفه عن كوكبنا الأرض؟

لقد كنا نحن البشر على هذا الحال من قبل. إذ كان المستكشفون القدامى يدركون دعوة المريخ، ولكن الاستكشاف العلمي المحض لا يتطلب وجود بشر. ففي مقدورنا دائما أن نرسل أجهزة روبوت ذكية، فهي أرخص كثيرا، ولكنها لا تتيح إرسالها إلى المواقع شديدة الخطورة، ومع الاحتمال القائم في فشل المهمة فإننا لا نعرض حياة الناس للخطر.

«هل شاهدتني؟» ـ هكذا نقرأ على ظهر علبة اللبن «مراقب المريخ، 6*5, 4*2500, 3 كيلو جرام، آخر مرة سمعنا منه كان في 93/8/21، وعلى بعد 627ألف كيلو متر من المريخ».

«إم أو ينادي الوطن» ـ إنها الرسالة الحزينة على لوح خارج منشأة عمليات مهمات مختبر الدفع النفثي في أواخر أغسطس من العام 1993، لقد أصاب الفشل سفينة الفضاء الأمريكية، «مارس أوبزرڤر» (مراقب المريخ) قبل أن تدخل في مدار حوله، وكانت خيبة أمل كبيرة، إنه يمثل أول إخفاق، لمهمة بعد إطلاقها، لسفينة فضاء أمريكية- قاصدة القمر أو بين كوكبية ـ خلال ستة وعشرين عاما، لقد كرس كثير من العلماء والمهندسين عقدا كاملا من حياتهم المهنية من أجل إم، أو ـ فهي أول بعثة أمريكية للمريخ خلال 17 سنة، منذ السفينتين المداريتين ڤايكنج وما تبعهما من سفينتي هبوط في العام 1976، وكانت أول سفينة فضاء حقيقية بعد الحرب الباردة: كان العلماء الروس منخرطين في فرق بحثية عديدة، وكان يتأتى على السفينة «مارس اوبزرڤر» أن تعمل كأداة ربط رئيسية مرحلة (*) بسفن الهبوط عن طريق الراديو فيما كان مخططا لأن يكون مهمة السفينة «المريخ 94» الروسية، فضلا عن عربة متجولة جسورة، وإرسال بالون من أجل مهمة «المريخ 94».

(*) تقوّي الرسائل، التي تتلقاها بالراديو، وبذلك تضاعف المسافة التي تقطعها - المراجع.

و الأدوات العلمية على متن السفينة «مارس اوبزرڤر» كانت قادرة على رسم خريطة للكيمياء الجيولوجية للكوكب، وتمهيد الطريق للبعثات المستقبلية، وتقديم الإرشادات عن اتخاذ قرارات بشأن مواقع الهبوط، وربما كانت بإمكانها أن تلقي ضوءا جديدا على التغير المناخي الضخم الذي يبدو أنه قد حدث في باكورة تاريخ المريخ كما كان من الممكن أن تلتقط صورا لأجزاء من سطح المريخ، مع تفصيل أفضل لمسافة مترين، ونحن لا نعرف، بطبيعة الحال، ما هي العجائب التي كان من الممكن أن تكشف عنها السفينة مارس اوبزرڤر، ففي كل مرة ندرس فيها عالما بأدوات جديدة وتفاصيل محسنة إلى حد كبير تبرز أمامنا مجموعة باهرة من الاكتشافات ـ بالضبط كما حدث عندما أدار جاليليو أول تلسكوب نحو السماء فاتحا أبواب عصر الفلك الحديث.

ووفقا للجنة تقصي الحقائق ربما كانت أسباب الفشل ترجع إلى انفجار مخزن الوقود أثناء تكييف الضغط، واختلاط ولفظ رذاذ الغازات والسوائل، ثم تأرجح سفينة الفضاء الجريحة بشدة خارج نطاق السيطرة ربما كان يمكن تجنب الأمر وربما كان حادثة يؤسف لها، ولوضع الأمر في موضعه الصحيح علينا أن نأخذ في الاعتبار مدى ونطاق البعثات إلى القمر والكواكب، التي قامت بها الولايات المتحدة والاتحاد السوڤييتي السابق.

كانت سجلات مسارنا في البداية فقيرة، فقد انفجرت العربات الفضائية عند إطلاقها، وفقدت أهدافها أو أخفقت في أداء وظائفها وتوقفت عن العمل عند وصولها، ومع مرور الوقت، استطعنا نحن البشر تحسين أدائنا في مجال الطيران بين الكواكب، وهناك منحنيات للتعلم على بيانات ناسا، إضافة إلى تعريف «ناسا» لنجاح المهمة)، لقد تعلمنا جيدا. إن قدرتنا الحالية على إصلاح سفينة فضاء تبدو بأفضل ما يكون في مهمتي ڤوييجر التي تعرضنا لهما فيما سبق.

إننا نرى في الشكلين المجاورين أن تصاعد نجاح المهمات الأمريكية لم يتعد 50٪ إلا بعد أن وصلنا إلى الإطلاق الخامس والثلاثين نحو القمر أو الكواكب وقد احتاج الروس إلى 50 عملية، إطلاق تقريبا حتى يحققوا هذه النسبة. وبأخذ متوسط البداية غير المستقرة والأداء الحديث الأفضل، نجد أن معدل النجاح التراكمي للولايات المتحدة وروسيا يصل إلى حوالي

80٪، ولكن معدل نجاح المهمة التراكمي ما يزال يقل عن 70٪ بالنسبة للولايات المتحدة ويقل عن 60٪ بالنسبة للاتحاد السوفييتي/ روسيا، وفي المقابل يصل معدل إخفاق المهمات القمرية وبين الكوكبية إلى 30 أو 40٪.

إن المهمات إلى العوالم الأخرى كانت منذ البداية عند حافة التكنولوجيا، وما تزال هكذا حتى الآن، وتعمل هذه المهمات على أساس تصميم أنظمة جزئية متوافرة، ويقوم مهندسون متخصصون ذوو خبرة بتشغيلها، ومع ذلك فهي لا تتسم بالكمال، والأمر المذهل أننا لانعمل على نحو رديء وإنما نعمل بصورة جيدة للغاية.

ونحن لا نعرف ما إذا كان فشل السفينة «مارس اوبزرڤر» راجعا إلى عدم الكفاءة أم إلى الإحصاءات. ولكن علينا أن نتوقع أسبابا مطردة للإخفاقات في المهمات عند استكشافنا للعوالم الأخرى، إننا لا نعرض أي حياة بشرية للخطر عند فقد سفينة فضاء روبوت، وحتى إذا كنا قادرين على تحسين معدل النجاح هذا على نحو دال، فإن الأمر سيكلفنا كثيرا جدا، ويجدر بنا المخاطرة وإطلاق المزيد من السفن الفضائية.

ورغم علمنا بالمخاطر التي يتعذر التخلص منها فلماذا، إذن، نرسل في أيامنا هذه، سفينة فضاء واحدة في كل مهمة؟ في العام 1962 سقطت السفينة مارينر ـ 1 التي كانت تستهدف كوكب الزهرة، في المحيط الأطلنطي، وأصبحت مهمة السفينة مارينر ـ2، المطبقة لها، أول مهمة كوكبية ناجحة للجنس البشري، أما السفينة مارينر ـ 3، فقد فشلت، في حين أصبحت السفينة التوأم مارينر ـ 4 العام 1964، أول سفينة فضاء تلتقط صورا عن قرب للمريخ، وعلينا أيضا أن نأخذ بعين الاعتبار مارينر ـ 8 ومارينر ـ 9 اللتان أطلقتا العام 1971 في مهمة مزدوجة الى المريخ وكان يتأتى أن تقوم مارينر ـ 8 برسم خريطة للكوكب، أما مارينر ـ 9 فكانت مكرسة لدراسة التغيرات الموسمية والقرنية المبهمة للعلامات السطحية. وبخلاف ذلك، كانت سفينتا الفضاء متطابقتين، ولكن مارينر- 8 سقطت في المحيط، في حين طارت مارينر ـ 9 إلى المريخ، وأصبحت أول سفينة فضاء في التاريخ البشري تدور في مدار كوكب آخر، لقد قامت باستكشاف البراكين وتضاريس الطبقات الصفائحية بالقمم القطبية ووديان الأنهار القديمة والطابع الرياحي لتغيرات السطح. وقد دحضت فكرة «القنوات».، ورسمت خريطة للكوكب

من القطب إلى القطب، كما كشفت عن جميع المعالم الجيولجية الرئيسية لكوكب المريخ والتي أصبحت معروفة لنا الآن وقدمت أول ملاحظات عن قرب عن أعضاء مجموعة كاملة من العوالم الصغيرة (مستهدفة القمرين المريخيين، فوبوس وديموس) ولو كانت المهمة قد اقتصرت على مارينر ـ 8 فقط لأصبح فشلها ذريعا، ولكن عملية الإطلاق المزدوج جعلت من المهمة نجاجا عبقريا وتاريخيا.

هناك أيضا السفينتان ڤايكنج والسفينتان ڤوييجر، والسفينتان فيجاس ، وأزواج عديدة من ڤينيرا. فلماذا إذن أطلقت سفينة «مارس اوبزرڤر» واحدة؟ أن الإجابة النموذجية هي التكلفة إذ كان ارتفاع التكلفة يمثل جزءا من السبب، على الرغم من أنه كان من المخطط إطلاقها عن طريق مكوك فضائي، وهو يعد معززا شديد التكلفة في مجال المهمات الكوكبية ـ ونعني هنا ارتفاع تكلفته بالنسبة لإطلاق السفينتين إم، أو، وبعد عديد من عمليات التأخير المرتبطة بالمكوك، فضلا عن الزيادة في التكلفة وقد غيرت ناسا رأيها وقررت إطلاق مارس اوبزرڤر على المعزز تيتان، وقد تطلب الأمر تأخيرا إضافيا لمدة سنتين، فضلا عن مكيف لتعشيق سفينة الفضاء مع مركبة الإطلاق الجديدة. وما لم تكن ناسا مصممة بشدة على توفير عمل للمكوك غير الاقتصادي من زاوية التكلفة، لما استطعنا إجراء الإطلاق قبل سنتين، وربما بسفينتي فضاء وليس بسفينة واحدة فقط.

وسواء في عمليات الإطلاق الفردية أو الزوجية، فإن البلدان المعنية بأمور الفضاء قررت أن الوقت قد حان لعودة المستكشفين الروبوت إلى المريخ، لقد تغيرت عمليات تصميم المهمات، ودخلت أمم جديدة إلى المجال، ووجدت أمم قديمة أنها لم تعد لديها موارد للاستمرار فترة أطول. فحتى البرامج الممولة بالفعل لا يمكن دائما الاعتماد عليها، ولكن الخطط الحالية تكشف بالفعل عن تكثيف الجهود وعمق الالتزام.

وأثناء كتابتي هذا الكتاب، كانت توجد خطط مؤقتة لدى الولايات المتحدة وروسيا وفرنسا وألمانيا واليابان والنمسا وفنلندة وإيطاليا وكندا ووكالة الفضاء الأوروبية، وغيرها من الكيانات، من أجل القيام باستكشاف منسق للمريخ باستخدام الروبوت، وسيجرى خلال السنوات السبع، بين 1996 ـ2003 إرسال أسطول صغير مكون من 25 سفينة فضائية من كوكب الأرض

إلى المريخ ـ وغالبية السفن من الحجم الصغير رخيص التكلفة نسبيا ولن تكون مهماتها التحليق القريب ولفترة قصيرة بينهما وإنما ستكون مهماتها الدوران المداري لفترة طويلة، فضلا عن مهمات الهبوط. ومرة أخرى، سوف ترسل الولايات المتحدة جميع الأدوات العلمية التي فقدت على السفينة مارس اوبزرفر، أما سفينة الفضاء الروسية فسوف تشمل على الأخص تجارب طموحة، تشترك فيها حوالي 50 أمة وسوف تسمح الأقمار الصناعية الخاصة بالاتصالات للمحطات التجريبية في أي مكان علي كوكب المريخ بتقوية بياناتها المرسلة إلى كوكب الأرض، أما السفن النافذة من المدار، فسوف تثقب تربة المريخ، وترسل البيانات من تحت سطحه، وبالنسبة للبالونات المجهزة بالأدوات، والمعاملة المتجولة، فسوف تطوف فوق رمال المريخ، ولن تزيد بعض أجهزة الروبوت متناهية الصغر عن أرطال عدة قليلة، وسوف يتم التخطيط والتنسيق بشأن مواقع الهبوط، كما ستعاير الأدوات،، ويتم تبادل البيانات بحرية، وهناك بالفعل أسباب تدعو للاعتقاد بأن المريخ وألغازه ستصبح متاحة لسكان كوكب الأرض في السنوات التالية.

في مركز القيادة على كوكب الأرض وفي غرفة خاصة، عليك أن ترتدي خوذة وقفازا، وعندما تدير رأسك نحو اليسار تدور كاميرات الروبوت المتجول على المريخ نحو اليسار، وما تراه الكاميرات تراه أنت واضحا وبألوان زاهية وإذا أخذت خطوة للأمام، سيتحرك الروبوت للأمام وإذا التقطت بذراعك شيئا لامعا من التربة، فإن ذراع الروبوت تفعل الشيء نفسه، إن رمال المريخ تنساب برفق بين أصابعك. الصعوبة الوحيدة في تكنولوجيا الواقع عن بعد تكمن في ضرورة حدوث هذا كله في حركة مضجرة بطيئة، إن زمن الرحلة الكاملة لإرسال الأوامر من كوكب الأرض للمريخ وعودة البيانات من المريخ إلى كوكب الأرض يستغرق نصف الساعة أو أكثر، ولكن هذا الشيء نستطيع أن نتعلم كيف نقوم به كما يمكننا أن نتعلم احتواء نفاد الصبر المصاحب للاستكشاف مادام هذا يعد ثمنا لاستكشاف المريخ، والروبوت الجوال مصنوع بحيث يتملك قدرا من الذكاء يتيح له معالجة جميع الاحتمالات، فإذا ما واجه أمرا أكثر تحديا يمكن أن يؤدي إلى توقفه فإنه يضع نفسه داخل صيغة وقائية، ويبث إشارات بالراديو حتى يتولى الأمر أحد المراقبين الصبورين جدا من البشر.

العربة المتجولة المسحورة والروبوت الذكي، كلاهما عبارة عن معمل علمي صغير يهبط في الأماكن الآمنة، حتى و إن كانت معتمة، ويتجول ليرى عن قرب غزارة عجائب المريخ، ويمكن حتى أن يتجول الروبوت يوميا حتى الأفق، لنرى كل صباح صورة عن قرب لما كان بالأمس مجرد ربوة بعيدة، إن الجولة الممتدة في طريق جانبي على تضاريس المريخ يمكن أن تظهر في برامج الأخبار وحجرات الدراسة، ويمكن للناس التخمين بما سيتم الكشف عنه، إن نشرات الأخبار الليلية من كوكب آخر مع ما تكشف عنه من مناطق جديدة وكشوف علمية جديدة، يمكن أن تجعل كل فرد على كوكب الأرض طرفا في المغامرة.

وهناك بعدئذ الواقع التقديري (Virtual reality) للمريخ: البيانات التي ترسل من المريخ تخزن في كمبيوتر حديث، ويجري تغذيتها داخل خوذتك وقفازاتك وحذائك، إنك تمشي في غرفة فارغة على كوكب الأرض، ولكنها المريخ بالنسبة لك: سماء ذات لون بمبي، وحقول من الجلاميد الصخرية، وتلال رملية تمتد للأفق حيث يلوح بركان ضخم، تسمع الرمال تنسحق أسفل حذائك، وتقلب الصخور، وتحفر حفرة، وتأخذ عينة من الهواء الرقيق، تلف عبر الزاوية، وتصبح وجها لوجه مع... أي اكتشاف جديد على المريخ ـ كلها نسخ مطابقة تماما لما يوجد على سطح المريخ، وتختبرها في أمان داخل قاعة الواقع التقديري بمدينتك، وبطبيعة الحال، ليس هذا هو سبب استكشافنا للمريخ، ولكننا سنحتاج إلى مستكشفين من الروبوت ليعودوا للواقع الحقيقي قبل أن يعاد تشكيله ويتحول إلى واقع تقديري.

ومع استمرار استثمار الروبوت، على نحو خاص، والآلات الذكية فإرسال بشر للمريخ لا يمكن تبريره عن طريق العلم وحده، هناك كثيرون يستطيعون التعلم عن طريق المرور بتجربة المريخ التقديري بدرجة أكبر من إمكان إرسالهم إلى المريخ الحقيقي، ويمكننا أداء أمور كثيرة ناجحة عن طريق الروبوت، وإن كنا سنرسل بشرا فإننا نحتاج إلى سبب أفضل من العلم والاستكشاف.

تصورت، في أعوام الثمانينيات أن هناك تبريرا متماسكا لإرسال مهمات بشرية إلى كوكب المريخ، وقد تخيلت أن تشترك الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي ـ كبار المتنافسين في فترة الحرب الباردة، واللذين عرضا حضارتنا

العالمية للخطر ـ معا في محاولة تكنولوجية تعطي الأمل للشعوب في كل مكان، وكانت لدي صورة لنوع من برنامج أبوللو معكوسا يكون فيه التعاون، وليس التنافس قوة محركة، وتضع به الأمتان القائدتان في مجال الفضاء وهما تعملان معا الأساس لإحداث تقدم رئيسي في التاريخ البشري ـ الاستيطان المنتظر لكوكب آخر. وبدت الرمزية شديدة الملاءمة، فالتكنولوجيا نفسها التي يمكن أن تسير الأسلحة الجهنمية من قارة لأخرى، يمكن أن تؤدي إلى أول رحلة بشرية لكوكب آخر، لقد كان اختيارا للقوى الأسطورية الملائمة من أجل احتضان الكوكب المسمى على اسم إله الحرب، بدلا من الجنون الذي ينسب إليه.

لقد نجحنا في إثارة اهتمام العلماء والمهندسين السوفييت بهذه المحاولة المشتركة، إن روالد ساجدييف الذي أصبح مديرا لمعهد بحوث الفضاء بأكاديمية العلوم السوفييتية في موسكو، شارك، من قبل وبعمق، في جهود التعاون الدولي بشأن بعثات الروبوت السوفييتية إلى كوكبي الزهرة والمريخ ومذنب هالي قبل أن تصبح الفكرة مناسبة لظروف العصر، كما أن الاستخدام المشترك لمحطة الفضاء السوفييتية مير ومركبة الإطلاق ساترن من الفئة V المساماة «إنرجيا» جعل من التعاون أمرا جذابا بالنسبة للهيئات السوفييتية التي قامت بتصنيع هذه المعدات، وهي التي كانت، خلافا لذلك، تواجه صعوبة في تبرير حروبها، وخلال سلسلة من الحجج (اقتنع آنئذ بالفكرة القائد السوفييتي ميخائيل س،جورباتشوف، وأثناء قمة واشنطن في ديسمبر 1987، كان هناك سوآل موجه لجورباتشوف عن النشاط المشترك الأكثر أهمية الذي يمكن من خلاله أن يرمز البلدان للتغير في علاقتهما، وقد أجاب دون تردد: «فلنذهب إلى المريخ معا».

ولكن إدارة ريجان لم تعر الأمر اهتماما، فالتعاون مع السوفييت، والاعتراف بأن بعض التكنولوجيات السوفييتية كانت أكثر تقدما عن نظيرتها الأمريكية، وإتاحة بعض التكنولوجيا الأمريكية للسوفييت، وتوفير بديل لمصنعي السلاحـ هذه الأمور كافة لم تكن تروق للإدارة لقد ألغي العرض، وعلى المريخ أن ينتظر.

وفي غضون سنوات قليلة، تغيرت الأوضاع، وانتهت الحرب الباردة، ولم يعد الاتحاد السوفييتي موجودا، وفقدت فائدة العمل المشترك بين الأمتين

بعض قوتها وأصبحت أمم أخرى ـ وخاصة اليابان وأعضاء وكالة الفضاء الأوروبية ـ أصبحت تجوب بين الكواكب وأصبح كثير من المطالب العادلة والملحة يصادر من الميزانيات التقديرية للأمم.

ولكن معزز إنرچيا لرفع الأوزان الثقيلة ما يزال ينتظر مهمة. وصاروخ بروتون أصبح متاحا، ومحطة مير الفضائية ـ مع طاقم دائم تقريبا ـ ما تزال تدور حول كوكب الأرض كل ساعة ونصف، وعلى الرغم من الاضطراب الداخلي، فإن برنامج الفضاء السوڤييتي مستمر بقوة، و التعاون بين روسيا وأمريكا، في مجال الفضاء يتصاعد. وطار في العام 1994 رائد فضاء روسي هو سيرجي كريكاليف على متن مكوك الفضاء ديسكڤري (طوال مدة بعثة المكوك العادية التي تبلغ أسبوعا ولكن كريكاليف سجل زمنا قدره 464 يوما على متن محطة الفضاء مير)، وسوف يقوم رواد الفضاء الأمريكيون بزيارة المحطة مير، والأدوات الأمريكية ـ بما فيها أداة لاختبار المؤكسدات التي كان من المعتقد أنها تدمر الجزئيات العضوية في تربة المريخ ـ ستحملها عربات الفضاء الروسية إلى كوكب المريخ، وقد تم تصميم السفينة مارس اوبزرڤر لتعمل كمحطة مرحلة لسفن الهبوط في المهمات الروسية إلى المريخ، وقد عرض الروس إشراك سفينة مدارية أمريكية في المهمة التالية إلى المريخ وهي مهمة كثيرة الحمولات وتطلق باستخدام الصاروخ بروتون، وتتشابك القدرات الأمريكية والروسية في علوم الفضاء والتكنولوجيا، وكل منهما يتسم بنقاط قوة في المواضع التي يعاني فيها الطرف الآخر من الضعف، إنه زواج في السماء ـ ولكنه زواج يصعب اكتماله، وهو الأمر المثير للدهشة.

وقد قام آل جور، نائب الرئيس الأمريكي، وفيكتور تشيرنوميردين، نائب رئيس الوزراء الروسي بتوقيع اتفاق في 2 سبتمبر 1993 بواشنطن يهدف إلى تعميق التعاون، وقد أمرت إدارة كلينتون ناسا بأن تعيد تصميم محطة الفضاء الأمريكية (التي أطلق عليها اسم فريدوم في سنوات ريجان)، بحيث تقع في مدار المحطة مير نفسه وترافقها، مع مصاحبة المركبات القمرية اليابانية والأوروبية فضلا عن ذراع كندي روبوت، ولقد تطورت التصميمات الآن إلى ما يسمى محطة الفضاء ألفا، والتي تضم تقريبا جميع الأمم المعنية بشؤون الفضاء (وتعد الصين الاستثناء الوحيد الملحوظ).

وفي مقابل تعاون الولايات المتحدة في مجال الفضاء، وتدفق العملة الصعبة، وافقت روسيا على وقف مبيعاتها من مكونات الصواريخ البالستية إلى الأمم الأخرى، كما وافقت، بشكل عام، على ممارسة رقابة صارمة على صادراتها من تكنولوجيا الأسلحة الاستراتيجية، وبهذه الكيفية، يصبح الفضاء، مرة أخرى، وكما كان في ذروة الحرب الباردة، أداة للسياسة الاستراتيجية القومية.

ومع ذلك لم يشعر بعض أفراد صناعة الطيران الفضائي الأمريكيين فضلا عن بعض أعضاء الكونجرس المؤثرين بالراحة إزاء هذا التوجه الجديد فهل يمكننا من دون المنافسة الدولية، أن نحفز مثل هذه الجهود الطموحة؟ هل استخدام كل عربة إطلاق روسية، في إطار التعاون المشترك، يعني تقليص المساندة لصناعة الطيران الفضائي الأمريكية؟ هل يمكن أن يعتمد الأمريكيون على الدعم الثابت والجهد المتواصل في المشروعات المشتركة في الروس؟ (وبطبيعة الحال، يطرح الروس تساؤلات مشابهة بشأن الأمريكيين)، ولكن برامج التعاون بعيدة المدى توفر النقود وتستفيد من المواهب العلمية والهندسية الفذة الموزعة في جميع أنحاء كوكبنا، كما تمدنا وتوحي لنا بأفكار حول مستقبل العالم، وقد نصادف تقلبات في الالتزامات الدولية، ومن المرجح أن نخطو أحيانا للوراء، وأحيانا للأمام، ولكن الاتجاه الكلي يبدو واضحا.

وعلى الرغم من تعاظم الآلام، فإن برامج الفضاء للعدوين السابقين بدأت في المشاركة، يمكننا الآن التنبؤ بمحطة فضاء عالمية ـ ليست لأمة بعينها، وإنما لكوكب الأرض كله ـ ويجرى تجميعها عند درجة الميل 51 تجاه خط الاستواء، ولأميال عدة لأعلى، وهناك مهمة مشتركة مثيرة تسمى «فاير أند أيس» (Fire and Ice) جار مناقشتها ـ وفيها سيتم تحليق سريع قرب بلوتو، وهو آخر الكواكب غير المكتشفة، وللذهاب إلى هناك، سيتم توظيف مساعدة من جاذبية الشمس، وهو الأمر الذي سوف تدخل في مجراه مجسات صغيرة أعلى الغلاف الجوي للشمس ويبدو أننا على أعتاب اتحاد عالمي جديد لاستكشاف المريخ علميا، ويبدو بشدة أن هذه المشروعات إما ستنجز بالتعاون المشترك، أو لن تنجز على الإطلاق.

ويظل السؤال مطروحا حول مدى مردودية التكلفة، والأسباب المساندة

بشدة من أجل أن يغامر الناس بالذهاب إلى المريخ، ولا يوجد، بالتأكيد، إجماع في هذا الصدد، وسوف نعالج هذا الأمر في الفصل التالي.

وفي رأيي، أننا إن لم نرسل بشرا إلى العوالم البعيدة، مثل المريخ في نهاية الأمر فإننا نفقد بذلك السبب الرئيسي لوجود محطة فضاء ـ تشغلها على الدوام (أو بشكل متقطع) نقطة حدود بشرية تدور في مدار حول الأرض. إن محطة الفضاء بعيدا عن كونها منصة أساسية من أجل العلم، فإنها إما تنظر إلى أسفل نحو كوكب الأرض، أو إلى أعلى نحو الفضاء، أو تكرس من أجل استخدام الجاذبية الصغرى (إن الوجود المجرد لرواد الفضاء يؤدي إلى خلط الأمور)، وبالنسبة لعمليات الاستطلاع العسكري، فإنها أدنى من سفن الفضاء الروبوت، ولا توجد تطبيقات تصنيعية أو اقتصادية ضاغطة، إنها مكلفة مقارنة بسفن الفضاء الروبوت، وبطبيعة الحال، المخاطرة فقدان الأرواح البشرية. إن كل عملية إطلاق لمكوك فضائي، للمساعدة على بناء محطة فضاء أو تقديم الإمداد لها، إما تواجه فرصة تقدر بمعدل 1 أو 2٪ من احتمالات الفشل الكارثي. إن الأنشطة الفضائية، المدنية أو العسكرية، السابقة قد كست مدار كوكب الأرض المنخفض بأنقاض من الكتل الحجرية والصخرية سريعة الحركة ـ بحيث إنها ستصطدم، آجلا أو عاجلا، بمحطة فضاء (رغم أن المحطة مير لم تواجه حتى الآن أي إخفاقات من مثل هذا النوع من المخاطر)، كما أن محطة فضاء لا تمثل ضرورة بالنسبة للاستكشاف البشري للقمر، فقد ذهبت السفينة أبوللو إلى هناك، وبصورة جيدة، ومن دون أي محطة فضائية على الإطلاق، ومع قاعدة قذف من نمط ساترن V أو إنرچيا، يمكننا أيضا أن نصل إلى الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض أو حتى إلى المريخ، دون أن يتطلب الأمر تجميع المركبة بين الكوكبية على محطة فضاء مدارية.

إن محطة الفضاء يمكن أن تخدم أغراضا روحية وتعليمية، كما يمكنها بالتأكيد المساعدة على تقوية العلاقات بين الأمم المهتمة بشؤون الفضاء ـ وعلى نحو خاص: الولايات المتحدة وروسيا، ولكن الوظيفة الجوهرية الوحيدة لمحطة الفضاء، في رأيي، هي الطيران الفضائي طويل المدى فكيف سيتصرف البشر إزاء الجاذبية الصغرى؟ كيف يمكننا مواجهة التغيرات التدريجية في كيمياء الدم، وفقد ما يقدر بـ 6٪ من العظم سنويا في ظل

الجاذبية صفر؟ (تتضاعف المسألة بعد ثلاث أو أربع مهمات سنوية للمريخ، إذا كان على الرحالة أن يذهبوا إلى مناطق تعادل جاذبيتها الصفر).

وتكاد تكون هذه الأسئلة في أساسيات علم الأحياء مثلها مثل الدنا (DNA) أو عملية التطور. وبدلا من ذلك، فإنهم ينكبون على قضايا بيولوجيا الإنسان التطبيقية، ومن المهم أن تعرف الإجابة على هذه التساؤلات ولكن هذا ضروري فحسب إذا كنا نزمع الذهاب إلى مكان ما بعيد في الفضاء، يستغرق الوصول إليه وقتا طويلا، إن الهدف الوحيد الملموس والمتماسك لمحطة فضاء هو إرسال بعثات بشرية في القريب إلى الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض، و المريخ، و ماوراء ذلك، ومن الناحية التاريخية، كانت ناسا حريصة بشأن إعلان هذه الحقيقة بوضوح، ربما خوفا من أن يشوح أعضاء الكونجرس بأيديهم تقززا، ويشجبون وجود محطة الفضاء، ويعلنون أن البلد غير مستعد للالتزام بإرسال البشر إلى المريخ، وفي الواقع، ما تزال ناسا صامتة بشأن أغراض محطة الفضاء، وفضلا عن ذلك، فإذا ما كانت لدينا مثل محطة الفضاء هذه فلن يتطلب الأمر الذهاب مباشرة إلى المريخ، إذ يمكننا أن نستخدم محطة فضاء لمراكمة المعرفة الوثيقة الصلة بالموضوع وصقلها، واستغراق ما يحلو لنا من زمن للقيام بذلك ـ بحيث عندما يحين الوقت، وعندما نصبح مستعدين للذهاب إلى الكواكب، نكون قد امتلكنا الخبرة لأداء هذه المهمة بأمان.

إن فشل مارس اوبزرڤر، والخسارة الكارثية للمكوك الفضائي تشالنجر العام 1986، يذكرننا بأنه سوف يوجد دائما احتمال لنكبة يصعب تفاديها بشأن كوارث الطيران البشرى المستقبلي نحو المريخ أو غيره من الأماكن، كما أن مهمة أبوللو ـ 13، التي لم تقدر على الهبوط على القمر، وعادت بشق الأنفس سالمة إلى الأرض، تؤكد كم كنا محظوظين، إننا لا نقدر، حتى الآن، على تصنيع عربات أو قطارات آمنة على نحو مثالي، برغم أننا نقوم بتصنيعها منذ ما يزيد على قرن، وبعد أن نجحنا في تدجين النار لأول مرة منذ مئات الآلاف من السنين ما تزال توجد في كل مدينة في العالم إدارة لمكافحة الحريق تكرس وقتها لإخماد أي حريق يشتعل، وقد فقد كولومبس في رحلاته الأربعة للعالم الجديد العديد من السفن، بما في ذلك ثلث أسطوله الصغير الذي أبحر العام 1492.

وإذا ما أرسلنا بشرا، ينبغي أن يكون هناك سبب جيد لذلك ومع إدراك واقعي أننا سنفقد بلاشك، تقريبا، أرواحا ويعرف ملاحو الفضاء في الغرب والشرق ذلك جيدا، وعلى الرغم من ذلك هناك دائما متطوعون، ولن تنقص أعدادهم أبدا.

ولكن لماذا المريخ؟ لماذا لا نعود إلى القمر؟ فهو قريب وأثبتنا أننا قادرون على إرسال بشر إليه، وأنا قلق من أن القمر برغم قربه، قد يكون عطفة طويلة، إن لم يكن زقاقا، ولكننا كنا هناك، بل وأحضرنا منه بعض عينات، لقد رأى الناس صخور القمر، وأعتقد، لأسباب جوهرية، أنهم ضجروا منه.

فهو ساكن بلا هواء ولا ماء، وسماؤه سوداء، إنه عالم ميت، وربما كان السطح ذو الفوهات هو أكثر الأشياء إثارة على القمر، فهذه الفوهات سجل للتصادمات الكارثية القديمة، سواء بالنسبة لكوكب الأرض أو بالنسبة للقمر.

وفي المقابل، فإن للمريخ مناخا، وتهب عليه عواصف ترابية، وله أقمار وبراكين، وقمم قطبية جليدية، وتضاريس خاصة، ووديان لأنهار قديمة، ودلائل على تغيرات مناخية ضخمة عندما كان يماثل كوكب الأرض ذات يوم، وهناك توقعات بحياة ماضية أو ربما حتى حالية، وهو أكثر الكواكب ملاءمه للحياة في المستقبل ـ بشر ينتقلون من كوكب الأرض للمعيشة على سطحه، ولا يصدق أي من هذا بالنسبة للقمر، وللمريخ أيضا تاريخه وفوهاته الواضحة وإذا كان المريخ، وليس القمر، سهل المنال، لما أحجمنا عن إرسال طيران فضائي بشري إليه.

وليس القمر قاعدة اختبار مرغوبا فيها بصورة خاصة أو محطة في الطريق إلى المريخ، وتختلف البيئتان المريخية والقمرية تمام الاختلاف، والقمر بعيد عن المريخ مثلما كوكب الأرض بعيد عن المريخ، وآلة استكشاف المريخ يمكن، على الأقل، اختبارها جيدا وبالمثل في مدار كوكب الأرض، أو على الكوكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض، أو على كوكب الأرض ذاته ـ في انتاركتيكا، على سبيل المثال.

وتميل اليابان نحو التشكك في التزام الولايات المتحدة وغيرها من الأمم بتخطيط وتنفيذ مشروعات التعاون الأساسية في الفضاء، ويبدو أن هذا، على أقل تقدير، هو السبب في أن اليابان أكثر من أي دولة أخرى

مهتمة بالفضاء وتميل إلى العمل بمفردها، إن الجمعية القمرية والكوكبية لليابان هي منظمة تمثل المتحمسين في مجال الفضاء بالحكومة والجامعات والصناعات الأساسية، وأثناء إعدادي لهذا الكتاب، كانت الجمعية القمرية تقترح بناء وتخزين قاعدة قمرية كاملة التجهيز بمعمل روبوت، ويقال إنه يستغرق ثلاثين عاما، ويكلف حوالي بليون دولار أمريكي في السنة (وهو ما يمثل 7٪ من الميزانية المدنية الحالية للفضاء في الولايات المتحدة)، ولن يوجد البشر في القاعدة إلا بعد اكتمال تجهيزها، ويقال إن استخدام طاقم من الروبوت لتلقي الأوامر الراديوية من كوكب الأرض سوف يقلص التكلفة عشرة أضعاف، ووفقا للتقارير، تكمن المشكلة الوحيدة في هذه الخطة في التساؤل الذي يطرحه علماء آخرون باليابان: «لماذا يتم إنشاء المحطة؟»، وهو سؤال جيد جدير بالطرح في كل بلد.

إن أول مهمة بشرية للمريخ ربما لا تقدر على تكلفتها الآن أي أمة بمفردها، كما لا يجدر اتخاذ هذه الخطوة التاريخية من بعض الممثلين لجزء صغير فقط من الجنس البشري، ولكن مغامرة تعاونية بين الولايات المتحدة وروسيا واليابان ووكالة الفضاء الأوروبية ـ وربما أمم أخرى مثل الصين ـ وقد تكون ذات جدوى في المستقبل غير البعيد جدا، فمحطة الفضاء الدولية ستختبر قدرتنا على العمل معا في المشروعات الهندسية الكبرى في الفضاء.

إن تكلفة إرسال كيلوجرام من أي شيء لمسافة لا تبعد عن مدار كوكب الأرض المنخفض تعادل اليوم ثمن كيلوجرام من الذهب، وهذا بالتأكيد سبب رئيسي في ضرورة توسيع الخطى نحو خطوط شط المريخ القديمة، لقد كانت الصواريخ الكيميائية متعددة المراحل هي الوسيلة التي نقلتنا إلى الفضاء للمرة الأولى، واستمرينا في استخدامها بعد ذلك وحاولنا تطوير هذه الصواريخ حتى تصبح أكثر أمانا ويعول عليها بدرجة أكبر وأبسط وأقل تكلفة، ولكن ذلك لم يتحقق، أو على الأقل لم يتحقق بالسرعة نفسها التي كان الكثيرون يأملون فيها.

ولذا فربما كانت هناك طريقة أفضل: قد تكون الصواريخ أحادية المرحلة التي يمكنها إطلاق حمولتها الصافية إلى المدار مباشرة وقد تكون إطلاق حمولات عديدة صغيرة من مدافع أو صواريخ مقذوفة من طائرات، وقد

تكون المحركات النفاثة الأسرع من الصوت، وربما هناك شيء لم نفكر فيه بعد، وإذا استطعنا تصنيع متفجرات لدفع القذائف، من أجل رحلة العودة، من الهواء والتربة بالعالم الذي نصل إليه، عندئذ يمكن تذليل صعوبات الرحلة إلى حد كبير.

وما إن نصل إلى الفضاء مغامرين بالذهاب إلى الكواكب فليست الصواريخ بالضرورة هي أفضل وسيلة لتحريك حمولات ضخمة، حتى مع مساعدة الجاذبية إننا نقوم الآن بعمليات احتراق صاروخية مبكرة، قليلة مع عمل تعديلات للجزء الأوسط من خط السير فيما بعد، ثم تسير باقي الطريق بفعل الجاذبية، وهناك أنظمة دفع أيونية ونووية/كهربية واعدة، يمكن عن طريقها بذل عجلة صغيرة ومنتظمة، أو كما تصور بداية رائد الفضاء الروسي قنسطنطين تشيولكوفسكي، فإن بإمكاننا توظيف المراكب الشراعية الشمسية ـ وهي عبارة عن أغشية رقيقة جدا وإن كانت تتسم بالضخامة، وبمقدورها الإمساك بضوء الشمس والرياح الشمسية إنها مراكب شراعية سريعة صغيرة يصل اتساعها لكيلومترات عدة تذرع الفراغ الواقع بين العوالم، وبالنسبة للرحلات إلى المريخ وما بعده تعتبر هذه الوسائل أفضل كثيرا من الصواريخ، وكما هو الحال بالنسبة لمعظم التكنولوجيات فإنه عندما ينجز شيء ما بالكاد، ويكون الأول من نوعه يظهر ميل طبيعي نحو تحسينه، وتطويره، واستخدامه، وسرعان ما يبدأ الاستثمار المؤسسي في التكنولوجيا الأصلية، بغض النظر عن عيوبها... وأعني، صعوبة التحرك نحو شيء أفضل، إن ناسا لا تمتلك تقريبا أي موارد للسعي من أجل تحقيق تكنولوجيا دفع بديلة وذلك لأن الأموال يتحتم أن تنفق في مهمات قريبة المدى، مهمات يمكن أن تمدنا بنتائج ملموسة وتعمل على تحسين سجل نجاحات ناسا، إن إنفاق الأموال على التكنولوجيات البديلة يحقق أرباحا بعقد أو عقدين في المستقبل، ونحن نميل إلى أن يكون اهتمامنا بعقد أو عقدين مستقبليين ضئيلا جدا، وهذه هي إحدى الطرق التي يمكن عبرها أن يبذر النجاح الأولي بذور الفشل النهائي: وهو الأمر الذي يشبه كثيرا ما يحدث أحيانا في عمليات التطور البيولوجي، ولكن أمة ما عاجلا أو آجلا، وربما تكون أمة بلا استثمار ضخم في التكنولوجيات ذات الفعالية الهامشية ـ سوف تطور بدائل فعالة.

وحتى قبل ذلك فإذا ما سلكنا طريق التعاون سيأتي وقت ـ ربما في العقود الأولى من القرن الجديد والألفية الجديدة ـ يمكن فيه تجميع سفينة فضاء بين كوكبية في مدار كوكب الأرض، وتذيع نشرات الأخبار المسائية القصة كاملة، إن رواد الفضاء من الغرب والشرق، الذين يحومون كالبعوض سيوجهون ويولفون الأجزاء سابقة التجهيز.. وفي آخر الأمر وبعد اختبار السفينة وإعدادها، يتم تزويدها بالطاقم الدولي، وتعزيزها لتنطلق بسرعة ، وطوال الرحلة إلى المريخ والعودة إلى كوكب الأرض، فإن حياة أعضاء الطاقم تتوقف على بعضها البعضـ إنه عالم صغير بالنسبة لظروفنا الفعلية هنا على كوكب الأرض وربما ستكون أول مهمة بين كوكبية مشتركة، بطاقم بشري هي مجرد دوران قريب من المريخ، أو في مدار حوله، وقبل ذلك، سوف تهبط عربات الروبوت ـ المزودة بفرامل هوائية ومظلات وصواريخ كابحة ـ إلى سطح المريخ لجمع العينات والعودة بها إلى كوكب الأرض فضلا عن تثبيت المعدات اللازمة لعمليات الاستكشاف المستقبلي، ولكن سواء أكانت لدينا أسباب قاهرة ومتماسكة أم لم تكن، فإنني لعلى يقين ـ إلا إذا دمرنا أنفسنا قبل ذلك ـ بأنه سيأتي اليوم الذي نضع أقدامنا فيه نحن البشر على سطح المريخ ـ إنها فقط مسألة وقت.

وطبقا لمعاهدة جليلة، وقعت في واشنطن في السابع والعشرين من يناير 1967، لا يمكن لأي أمة ادعاء أي شيء بالنسبة لجزء أو كل من كوكب آخر، وعلى الرغم من ذلك ـ ولأسباب تاريخية، ربما كان كولومبوس يتفهمها جيدا ـ هناك البعض الذين يهتمون بمن سيضع قدمه على المريخ أولا، وإذا كان هذا الأمر هو ما يقلقنا حقا، يمكننا عندئذ أن نربط أقدام أعضاء الطاقم معا عندما يترجلون من السفينة في جاذبية المريخ الرقيقة.

وقد يحصل أعضاء الطاقم على عينات جديدة ومعزولة من قبل من أجل البحث عن الحياة، هذا من جانب، ومن أجل فهم ماضي كوكبي المريخ والأرض ومستقبلهما من جانب آخر. كما يمكنهم القيام بتجارب للبعثات التالية، حول كيفية استخلاص الماء والأكسجين والهيدروجين من الصخور والهواء ومن الجليد الجوفي الدائم ـ وذلك من أجل الشرب والتنفس وتزويد آلاتهم بالطاقة، وكوقود للصواريخ وكعوامل مؤكسدة ومن أجل دفع رحلة العودة، كما يمكن لأفراد الطاقم اختبار المواد المريخية من أجل الابتكار

المنتظر للقواعد والمستوطنات على سطح المريخ.

وقد يذهب أعضاء الطاقم أيضا للاستكشاف، وعندما أتخيل عمليات الاستكشاف المبكر للمريخ، فإنني أتخيل عربة متجولة، تشبه قليلا عربة الجيب، تتجول أسفل شبكات الأودية، ويحمل الطاقم معه الشواكيش الجيولوجية والكاميرات وأدوات التحليل حتى يكون على أهبة الاستعداد، إنهم يبحثون عن صخور من عصور ماضية، وعلى علامات التغير العنيفة القديمة، وعلى مفاتيح للتغيرات الجوية وعلى تركيبات كيميائية غريبة، وحفريات، أو على شيء حيـ وهو الأمر الأكثر إثارة، وتصور اكتشافاتهم تلفزيونيا، وترسل لكوكب الأرض بسرعة الضوء، كل هذا، إنك تستكشف قيعان الأنهار المريخية القديمة وأنت تلتمس الدفء في السرير مع أطفالك.

16 تسلق السماء

ماذا؟! أحيانا أسأل نفسي في دهشة: لقد سار أسلافنا من شرق أفريقيا إلى الأرض الجديدة (نوفايا زيمليا) وأيريس روك وباتاجونيا، واصطادوا الأفيال بالرؤوس الحجرية، وعبروا البحار القطبية في زوارق مفتوحة منذ 7 آلاف سنة، وطافوا حول الأرض دونما قوة دفع سوى قوة الرياح، ثم ساروا على القمر بعد عقد من دخول عصر الفضاء ـ ونحن نخشى من رحلة إلى المريخ؟ ولكنني عندئذ، تذكرت المعاناة البشرية التي لا يمكن تجنبها على كوكب الأرض، وكيف يمكن أن تنقذ دولارات عدة قليلة طفلا يموت من الجفاف، وكيف يمكن إنقاذ أطفال عديدين بتكلفة رحلة إلى المريخ ـ أما في الوقت الحاضر فقد غيرت رأيي، ما قيمة أن نبقى في الوطن، وما قيمة أن نرحل؟ أم أنني طرحت ثنائية زائفة؟ أليس من الممكن أن نصنع حياة أفضل لكل فرد على كوكب الأرض، وأن نصل أيضا إلى الكواكب والنجوم؟

من، ياصديقي، يمكنه تسلق السماء؟
ملحمة جلجامش
(سومر، الألفية الثالثة قبل الميلاد)

لقد سعينا حثيثا للتوسع في أعوام الستينيات والسبعينيات وربما تصورت كما تصورت أنا عندئذ أن جنسنا سيصل إلى المريخ قبل انتهاء القرن، وبدلا من ذلك فقد انجذبنا نحو الداخل، ومع تنحية

الروبوت جانبا، فإننا قد ابتعدنا عن الكواكب والنجوم وأظل أسأل نفسي: هل هو إخفاق لجسارتنا أم علامة على النضج؟

ربما كان هذا أكثر ما يمكننا توقعه، فقد كان من المذهل بدرجة ما أن نرسل اثني عشر من البشر في رحلات إلى القمر، تصل مدتها إلى أسبوع كامل، كما حصلنا على الموارد اللازمة لإجراء استطلاع تمهيدي للمنظومة الشمسية كلها، حتى نبتون وبأي كيفية - وكلها مهمات عادت ومعها ثروة من البيانات، ولكنها لم تسفر عن شيء ذي قيمة عملية قصيرة المدى، ومع كل، فقد أدت إلى رفع الروح المعنوية للبشر، وأنارت بصيرتنا حول موقعنا في الكون. ومن السهل أن نتخيل سلاسل من العلة التاريخية فيما يتعلق بها، حيث إنه لم يكن هناك أي سباق نحو القمر أو برنامج كوكبي.

ولكن من الممكن أيضا أن نتخيل تكريسا أكثر جدية لعملية الاستكشاف، ونتيجة لهذا أصبح لدينا اليوم عربات روبوت تجس الأغلفة الجوية لجميع الكواكب الشبيهة بالمشتري، فضلا عن عشرات النجوم والمذنبات والكويكبات السيارة، كما أن شبكة من المحطات العلمية الأوتوماتيكية الموضوعة على المريخ ترسل تقارير يومية عن نتائجها وكشوفها، يجرى في معامل كوكب الأرض اختبار عينات من عوالم عدة - مما يكشف عن جيولوجيا وكيمياء هذه العوالم وربما حتى بيولوجيتها. ويمكن أن تكون المخافر الأمامية البشرية قد أقيمت بالفعل على الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض وعلى القمر والمريخ.

وقد كانت هناك مسارات تاريخية عدة ممكنة، غير أن سلاسلنا الخاصة من العلية جلبت إلينا سلسلة من الاستكشافات المتواضعة والبدائية، وإن كانت في كثير من جوانبها بطولية، ولكنها أدنى كثيرا عما كان موجودا- وما يمكن أن يوجد ذات يوم.

«إن حمل شعلة بروميثيوس الخضراء للحياة معنا نحو الفراغ المجدب، وإشعال عاصفة نارية من المادة الحية هو القدر الحقيقي لنوعنا»- هذا ما نقرأه في كتيب عما يسمى المؤسسة الألفية الأولى، إنها تعد مقابل 120 دولارا في السنة، «بالمواطنة» في «مستعمرات الفضاء - عندما يحين الوقت». إن «المحسنين» الذين يسهمون بقدر أكبر يحصلون أيضا على «الامتنان الأبدي من حضارة نجمية، وأسماؤهم محفورة على سارية سترفع على

سطح القمر»، ويمثل هذا الأمر أحد الحدين الأقصيين للحماسة المتواصلة من أجل وجود بشري في الفضاء، وعلى الحد الأقصى الآخر، هناك تساؤلات ـ نجدها ممثلة على أفضل صورة في الكونجرس ـ حول ضرورات وجودنا في الفضاء على الإطلاق، وخاصة وجود البشر وليس الروبوت، لقد كان برنامج أبوللو «ملتويا» ـ كما أسماه ذات يوم الناقد الاجتماعي أميتاي إتزيوني. فمع نهاية الحرب الباردة لا يوجد أي تبرير كان يمكن أن يعتنقه أنصار هذا التوجه ـ بشأن برنامج فضائي بشري، فأين يجدر أن يوجد موقعنا في هذا الطيف من الخيارات السياسية؟

منذ أن تفوقت الولايات المتحدة على الاتحاد السوفييتي فيما يتعلق بالسفر إلى القمر، يبدو أن التبرير المتماسك والمفهوم، على نطاق واسع لوجود البشر في الفضاء قد تلاشى. لقد احتار الرؤساء، كما احتارت لجان الكونجرس، بشأن برنامج الفضاء البشري، لماذا البرنامج؟ لماذا نحتاج إليه؟ ولكن مآثر رواد الفضاء وعمليات الهبوط على القمر أثارت ـ ولأسباب معقولة ـ إعجاب العالم كله، وقد يكون الأمر رفضا للإنجازالأمريكي المذهل، هذا ما يقوله القادة السياسيون لأنفسهم للتراجع عن الطيران الفضائي البشري. أي رئيس، وأي كونجرس هذا الذي يرغب في تحمل مسؤولية إنهاء برنامج الفضاء الأمريكي؟ وفي الاتحاد السوفييتي السابق، كانت هناك حجة مماثلة، هل نتخلى ـ يسألون أنفسهم ـ عن تلك التكنولوجيا العالية التي تجعلنا قادة العالم؟ هل نحن ورثة غير مخلصين لقنسطنطين تشيولكوفسكي وسيرجي كورولوف ويوري جاجارين؟

يكمن القانون الأول للبيروقراطية في ضمان استمرارها وبترك ناسا لإرادتها الخاصة دون تعليمات واضحة من أعلى، انحدرت تدريجيا إلى برنامج يحافظ على المكاسب والوظائف والعلاوات الإضافية. إن سياسة المشروعات الحكومية متوافرة المكاسب، مع اضطلاع الكونجرس بدور قيادي، أصبحت ذات قوة متزايدة في مجال تصميم وتنفيذ البعثات والأهداف طويلة المدى. لقد تحجرت البيروقراطية، وفقدت ناسا طريقها.

في العشرين من يوليو 1989، وهي الذكرى العشرون لهبوط أبوللو ـ 11 على سطح القمر، أعلن الرئيس جورج بوش عن توجه طويل المدى لبرنامج الفضاء الأمريكي، وبإطلاقه لاسم «مبادرة استكشاف الفضاء» افترض

سلسلة من الأهداف، بما فيها محطة فضاء أمريكية، وعودة البشر إلى القمر، وهبوط أول إنسان على كوكب المريخ. وفي بيانه التالي، حدد السيد بوش العام 2019 كموعد مستهدف لوضع أول قدم بشري على ذلك الكوكب.

ومع ذلك أخفقت مبادرة استكشاف الفضاء، على الرغم من الاتجاه الواضح من أعلى قيادة. وبعد التكليف بهذه المهمة بأربع سنوات، لم يكن لدى ناسا حتى مكتب مخصص لها. إن بعثات الروبوت القمرية الصغيرة قليلة التكلفة ـ والتي تعتبر نوعا آخر، ومن المتوقع بشدة الموافقة عليها ـ كانت تلغى من جانب الكونجرس بسبب الشعور بالذنب من الارتباط بمبادرة استكشاف الفضاء. ما الخطأ الذي حدث؟

كان مقياس الزمن هو المشكلة الأولى فقد امتدت مبادرة استكشاف الفضاء طوال خمس فترات رئاسية، أو نحو ذلك، في اتجاه المستقبل (باعتبار المتوسط الرئاسي يعادل قدر فترة الرئاسة بمرة ونصف)، وهو الأمر الذي جعل من السهولة أمام أي رئيس أن يحاول إلزام من يأتي بعده، ولكنه يترك مدى مصداقية هذا الالتزام مشكوكا فيها. فمبادرة استكشاف الفضاء تعارضت بالكامل مع برنامج أبوللو ـ الذي كان يمكن أن يحقق نصرا، كما كان مرسوما عند بدايته، عندما كان الرئيس كينيدي، أول وريث سياسي مباشر له لا يزال في منصبه.

أما المشكلة الثانية فهي أنه كان هناك قلق حول ما إذا كانت ناسا التي خبرت مؤخرا صعوبة كبرى في رفع عدد قليل من رواد الفضاء بأمان لارتفاع 200 ميل فوق سطح الأرض، بمقدورها إرسال رواد فضاء في مسار منحن لمدة سنة، لمسافة تبعد مائة ميل ثم إعادتهم إلى كوكب الأرض أحياء.

والمشكلة الثالثة أن البرنامج كان مُدركا، على وجه الحصر، من زوايا قومية. فلم يكن التعاون مع الأمم الأخرى يمثل أمرا أساسيا، سواء بالنسبة للتصميم أو التنفيذ. إن دان كوايل، نائب الرئيس، والذي يتحمل مسؤولية اسمية بشأن الفضاء، برّر وجود محطة الفضاء بوصفها دليلا على أن الولايات المتحدة تمثل «القوة العظمى العالمية الوحيدة». ولكن نظرا لامتلاك الاتحاد السوفييتي محطة فضاء عملياتية متقدمة عن الولايات المتحدة بعقد كامل، فقد كان من الصعب اتباع حجة السيد كوايل.

وأخيرا، برز تساؤل حول التمويل ومن أين يأتي، من زاوية السياسات

العملية. إن تكاليف إرسال أول إنسان إلى المريخ قد تم حسابها بأساليب عديدة. وثبت أنها تُقدر بحوالي 500 بليون دولار.

ويصعب، بطبيعة الحال، التنبؤ بالتكلفة قبل معرفة تصميم المهمة. ويتوقف تصميم المهمة على أمور عدة مثل: حجم الطاقم؛ ومدى الخطوات المتخذة لتخفيف المخاطر الإشعاعية الشمسية والكونية، أو عندما تعادل الجاذبية الصفر؛ وما هي المخاطر الأخرى التي يمكن قبولها مع وجود أرواح الرجال والنساء على متن السفينة. وإذا كان كل عضو من أعضاء الطاقم يتميز بخاصية جوهرية واحدة، فماذا يحدث إذا سقط أحدهم مريضا؟ وكلما كان الطاقم أكبر عددا، كان الاعتماد عليه أفضل. إنك سترسل بالتأكيد طبيبا في جراحة الفم، ولكن ماذا يحدث إذا ما احتجت إلى علاج للجذور وأنت تبعد مائة كيلومتر عن أقرب طبيب أسنان؟ أم يمكن علاج المسألة عن طريق طبيب أسنان على كوكب الأرض باستخدام جهاز تلفزيوني؟

لقد كان فيرنر ڤون برون هو المهندس الأمريكي النازي الذي انطلق بنا حقا إلى الفضاء. وكتابه «Das Marsproject» الذي صدر العام 1952 يصور أول مهمة تضم عشر سفن فضائية بين كوكبية وطاقم من سبعين عضوا، وثلاثة «زوارق هبوط». كان الإسهاب هو الأسمى في نظره. وعن متطلبات المهمة كتب يقول: «إنها لا تزيد عن تلك المتطلبات اللازمة لعملية حربية صغيرة تمتد على مسرح محدود للحرب». وكان يقصد أن «يُسفه مرة واحدة وأمام جميع الناس نظرية صاروخ الفضاء الوحيد وزمرته الصغيرة من المغامرين الجسورين فيما بين الكواكب»؛ كما احتكم لسفن كولومبوس الثلاث والتي من دونها «يُثبت التاريخ أن كولومبس ربما لم يكن بإمكانه أن يعود إلى شواطئ أسبانيا». ولكن تصميمات البعثات الحديثة إلى المريخ قد تجاهلت هذه النصيحة. إن هذه البعثات أقل كثيرا من طموح ڤون برون، حيث كانت تشتمل على سفينة أو سفينتي فضاء ذات طاقم يضم 3 ـ 8 رواد فضاء، مع سفينة أو سفينتي روبوت للأحمال. إن الصاروخ الوحيد وزمرته الصغيرة من المغامرين لا يزال معنا.

وهناك شكوك أخرى تؤثر في تصميم المهمة والتكلفة، مثل ما إذا كانت المؤن المرسلة من كوكب الأرض ستوضع سلفا ثم يتم إرسال البشر إلى

المريخ بعد هبوط الإمدادات بأمان؛ ومدى إمكان استخدام المواد المريخية لتوليد الأكسجين من أجل التنفس، والماء من أجل الشرب، والوقود الدفعي من أجل عودة الصواريخ للوطن؛ وما إذا كنت ستهبط باستخدام الغلاف الجوي الرقيق للمريخ، وذلك من أجل تجهيز الفرامل؛ وحجم وفرة العتاد على الرغم من الانتقاد والحرص؛ ومدى استخدامك من تسهيلات جلبتها من كوكب الأرض للتخلص من الفضلات؛ وتصميم العربات المتجولة التي يستخدمها الطاقم لاستكشاف تضاريس المريخ؛ وحجم العتاد الذي ترغب في حمله لاختبار قدرتنا على الحياة خارج كوكبنا الأرضي في الرحلات التالية.

وحتى تُفصل هذه التساؤلات، فمن السخف قبول أي رقم يُعطى بشأن تكلفة البرنامج. ومن الناحية الأخرى، فقد بدا واضحا بالقدر نفسه أن مبادرة استكشاف الفضاء ستتكلف مبالغ طائلة. ولهذين السببين لم تقم إدارة بوش بأي محاولة فعّالة لإنفاق رأس مال سياسي حتى يبدأ العمل في مبادرة استكشاف الفضاء.

والدرس يبدو واضحا أمامي: ربما لا توجد وسيلة لإرسال بشر إلى المريخ في المستقبل القريب نسبيا - على الرغم من أن الأمر يقع برمته في إطار قدرتنا التكنولوجية، والحكومات لا تنفق هذه الكميات الضخمة من الأموال لمجرد الأغراض العلمية أو الكشفية. فالحكومات تحتاج إلى غرض آخر. كما يجدر أن تتخذ المسألة منحى سياسيا حقيقيا.

ربما يكون من المستحيل الذهاب الآن، ولكن عندما يصبح السفر إلى المريخ ممكنا، فإنني أعتقد أن المهمة يجب أن تتخذ طابعا دوليا منذ البداية، مع الاشتراك، على قدم المساواة، في التكاليف والمسؤوليات، واختيار خبرات العديد من الأمم. كما ينبغي تحديد تكلفة معقولة. ويجدر أن تتناسب الفترة الواقعة، منذ الموافقة وحتى الإطلاق، مع مقاييس سياسية عملية. كما يجب أن توضح وكالات الفضاء المعنية قدرتها على حشد البعثات الاستكشافية الطليعية البشرية الآمنة، سواء في الوقت المناسب أو من زاوية التكلفة. وربما يكون الأمر مُجديا إذا تصورنا إمكان تحقيق هذه المهمة بما يقل عن مائة بليون دولار، ولفترة زمنية تقل عن 15 سنة منذ قرار الموافقة وحتى لحظة الإطلاق. (ولا يمثل هذا الرقم، من زاوية التكلفة،

سوى جزء يسير من الميزانيات الفضائية المدنية السنوية للأمم المعنية حاليا بشؤون الفضاء). وبسبب الفرامل الهوائية والوقود المصنع والأكسجين اللازم من أجل رحلة العودة من هواء المريخ، فإن الآن هو بداية النظر فيما إذا كانت تلك الميزانية وذلك المقياس الزمني يمكن أن يكونا واقعييّن بالفعل.

وبقدر ما تكون المهمة رخيصة وسريعة، بقدر ما يتحتم علينا الاستعداد لخطر أكبر من زاوية الحفاظ على أرواح رواد الفضاء من الغرب والشرق. وكما تمثل الأمر من بين أمثلة لا تعد ولا تحصى بالساموراي في اليابان والعصور الوسطى، يوجد دائما متطوعون متنافسون للمهمات شديدة الخطورة ينظرون إليها بوصفها قضايا عظيمة. ولا يمكن التعويل بالفعل على أي ميزانية، أو أي جدول مواعيد، عندما نقوم بعمل على هذا النطاق الكبير، عمل لم يحدث مثيله من قبل. وكلما طلبنا مهلة أكبر، زادت التكلفة، وطالت المدة التي نستغرقها للوصول إلى هناك. إن إيجاد الحل الوسط الصحيح بين الجدوى السياسية ونجاح المهمة ينبغي أن يتسم بالبراعة والحذر.

لا يكفي للسفر إلى المريخ أن البعض منا قد حلم بذلك منذ طفولته، أو لأنه يبدو لنا الهدف الاستكشافي طويل المدى الواضح بالنسبة للنوع الإنساني. فإذا كنا نتحدث عن إنفاق مثل هذه الكمية من الأموال، فعلينا إذن أن نبرر مدعاة الإنفاق.

وتوجد الآن أمور أخرى ـ مطالب قومية صارخة واضحة ـ لا يمكن مواجهتها دون نفقات رئيسية. وفي الوقت نفسه، أصبحت الميزانية الفيدرالية التقديرية مقيدة بدرجة مؤلمة. فهناك أمور كثيرة تتمثل في التخلص من السموم الكيميائية والإشعاعية، وكفاءة الطاقة، وبدائل الوقود الحفري، وانخفاض معدلات الابتكار التكنولوجي، وانهيار البنية الأساسية الحضرية والإيدز الوبائي ومرض السرطان، والمواطنين الذين لا يجدون مأوى لهم، وسوء التغذية، ووفيات الأطفال، ومشكلات التعليم، ومشكلات العمل والعمالة، والرعاية الصحية ـ والقائمة طويلة ومؤلمة. إن تجاهل هذه الأشياء سوف يعرض رفاهية الأمة للخطر. وهناك معضلات مماثلة تواجه جميع الأمم المعنية بشؤون الفضاء.

إن مواجهة أي قضية من القضايا سالفة الذكر يمكن أن تتكلف البلايين

من الدولارات أو تزيد. فعملية تثبيت البنية الأساسية سوف تتكلف تريليونات عدة من الدولارات. والبدائل المطروحة لاقتصاد الوقود الحفري تمثل بوضوح استثمارا على المستوى العالمي يصل إلى تريليونات عدة من الدولارات، إذا ما كنا نقدر على ذلك. فهذه المشروعات، كما يُقال لنا أحيانا، تتجاوز قدرتنا على السداد. فكيف يمكننا إذن أن نوفر ما يتيح لنا السفر إلى المريخ؟

إذا زادت الموارد المالية التقديرية بالميزانية الفيدرالية للولايات المتحدة (أو للأمم الأخرى المعنية بشؤون الفضاء) بمعدل 20٪، فربما لا أشعر بهذا الصراع عند الدفاع عن إرسال بشر إلى كوكب المريخ، وإذا ما قلت الموارد المالية بمقدار 20٪، فأعتقد أن أكثر المتحمسين للفضاء لن يطالب بمثل هذه البعثة. ومن المؤكد أن هناك نقطة محددة يوضع عندها الاقتصاد القومي في مثل هذا المضيق الرهيب ويصبح معها إرسال بشر إلى المريخ أمرا غير معقول، والسؤال هو: أين نرسم الخط الفاصل؟ ويمكن القول بوضوح إن هذا الخط موجود، وكل مشارك في هذه النقاشات يجب أن يحدد أين ينبغي رسم هذا الخط، وما هو الجزء الذي يعتبر متجاوزا للحد بالنسبة للفضاء من الناتج القومي الإجمالي. أتمنى أن يتم الشيء نفسه بالنسبة لأمور «الدفاع».

وتوضح قياسات الرأي العام أن كثيرا من الأمريكيين يعتقدون أن ميزانية ناسا تعادل تقريبا ميزانية الدفاع. وفي واقع الأمر، أن إجمالي ميزانية ناسا، بما فيها البعثات البشرية وبعثات الروبوت وشؤون الطيران، تصل إلى حوالي 5٪ من ميزانية الدفاع بالولايات المتحدة. تُرى، كم ينفق على الدفاع ويؤدي إلى إضعاف البلد بالفعل؟ وحتى إذا ما تم إلغاء ناسا برمتها، فهل نحرر بذلك ما نحتاج إليه لحل مشاكلنا القومية؟

إن الطيران الفضائي البشري بشكل عام ـ دون أن نذكر شيئا عن بعثات المريخ ـ يمكن دعمه بسهولة إذا ما كان الربح مغريا [1]، كما كان الحال في حجج كولومبس وهنري الملاح في القرن الخامس عشر. وقد ظهرت أطروحات عديدة. قيل بإمكان استخدام الفراغ العلوي أو الجاذبية المنخفضة أو البيئة الإشعاعية الكثيفة بالفضاء القريب من كوكب الأرض من أجل الحصول على فوائد تجارية. ويجب تحدّي المقترحات كافة من خلال التساؤل

التالي: هل يمكن تصنيع المنتجات المقارنة أو الأفضل هنا على كوكب الأرض، إذا كانت الأموال المتاحة المخصصة للتنمية قابلة للمقارنة بما يستهلكه برنامج الفضاء؟ إن إصدار حكم عن مدى رغبة المؤسسات قليلة الأموال في الاستثمار في مثل هذه التكنولوجيا ـ بغض النظر عن الكيانات التي تبني الصواريخ أو سفن الفضاء ـ لا يبدي إمكانات كبيرة جدا على التحقق على الأقل في الوقت الحاضر.

إن فكرة إمكان وجود المواد النادرة في أماكن أخرى تدعمها حقيقة ارتفاع تكلفة الشحن. فهناك، بقدر ما نعرف، محيطات من النفط على تيتان، ولكن عملية نقل هذا النفط إلى كوكب الأرض ستتكلف كثيرا. كما تتوافر أيضا معادن مجموعة البلاتينيوم في بعض الكويكبات السيارة. وإذا استطعنا تحريك هذه الكويكبات السيارة إلى مدار حول كوكب الأرض، فلربما نقدر على نحو ملائم من استخراجها. ولكن هذا الأمر لا يزال يشكل خطورة حمقاء، في المستقبل القريب على الأقل، كما سأبين فيما بعد.

في روايته الكلاسيكية «الرجل الذي باع القمر»، والتي تنتمي إلى الخيال العلمي يتخيل روبرت هينلين أن دافع الربح هو المفتاح الرئيسي للسفر إلى الفضاء. وهو لم يتنبأ بأن الحرب الباردة ستسفر عن بيع القمر. ولكنه أدرك بالفعل صعوبة ظهور حجة ربح أمينة. ومن هنا، فقد تصور هينلين عملية مضلِّلة يبدو فيها سطح القمر مرصعا بالماس بحيث يتمكن المستكشفون المتأخرون من اكتشافها والبدء في الاندفاع نحو القمر للحصول على الماس. ولكننا عُدنا بعينات من القمر، ولم نجد أي إشارة إلى وجود الماس المثير تجاريا.

وقد درس كيوشي كورا موتو وتاكافومي ماتسوي، بجامعة طوكيو، كيفية تشكل الألباب (جمع لُبّ) الحديدية المركزية لكوكب الأرض وكوكبي الزهرة والمريخ. ووجدا أن الوشاح الصخري للمريخ (بين القشرة واللب) ينبغي أن يكون غنيا بالكربون ـ وأغنى من الوشاح الصخري للقمر أو الزهرة أو حتى كوكب الأرض. وعلى عمق يزيد عن 300 كيلومتر تحول الضغوط الكربون إلى الماس. ونحن نعرف أن كوكب المريخ كان نشطا جيولوجيا على مدار تاريخه. وأنه في بعض الأحيان سوف تتدفق المواد من أعماق كبيرة، وليس

فقط من البراكين العظمى، متجهة نحو السطح. إذن يبدو أن هناك قضية تتعلق بوجود الماس على عوالم أخرى ـ على المريخ، وليس على القمر. وإنما بأي كميات، وأي نوعية أو حجم، وفي أي الأماكن ـ فهذا ما لا نعرفه بعد.

إن عودة سفينة الفضاء إلى كوكب الأرض، وهي مملوءة بقطع الماس الرائعة عديدة القراريط، سيؤدي دون شك إلى تقليص الأسعار (كما سيؤثر تأثيرا مماثلا على حاملي الأسهم في مؤسستي دي بريز وجنرال إلكتريك). ونظرا لاستخدام الماس في مجالي الزينة والصناعة، فربما لن تهبط الأسعار عن حد معين. وهنا، يمكن للصناعات التي تأثرت من جراء ذلك أن تجد سببا للاستكشاف المبكر للمريخ.

إن الفكرة القائلة إن ماس المريخ سيدفع تكاليف استكشاف المريخ، تعد في أحسن الأحوال، محاولة طويلة المدى، ولكنها مثال على المواد النادرة والقيّمة التي يمكن اكتشافها في عوالم أخرى. ومع ذلك، فمن السخف الاعتماد على تلك الأحداث العرضية. فإذا كنا نسعى لتبرير البعثات الفضائية إلى عوالم أخرى، علينا أن نجد أسبابا أخرى.

وفضلا عن النقاشات حول الأرباح والتكاليف، وحتى التكلفة المنخفضة، علينا أيضا مناقشة الفوائد، إن كانت موجودة. ويجدر بالمدافعين عن البعثات البشرية إلى المريخ تناول قضية ما إذا كانت المهمات الفضائية، على المدى البعيد، ستسهم في تخفيف بعض المشكلات التي نعاني منها على كوكب الأرض. ولنختبر الآن مجموعة من التبريرات، ونرى ما إذا كانت صحيحة أم لا، أم لا تزال غير محددة.

يمكن أن تؤدي البعثات البشرية إلى المريخ إلى تحسين معرفتنا، بصورة باعثة على الدهشة، بذلك الكوكب، بما في ذلك إمكانات البحث عن حياة في الوقت الحالي أو في الماضي. ومن الأرجح أن يؤدي البرنامج إلى وضوح رؤيتنا بشأن بيئة كوكبنا، كما بدأت تفعل، في واقع الأمر، بعثات الروبوت. ويبدو واضحا من تاريخ حضارتنا أن السعي من أجل المعرفة الأساسية هو السبيل إلى جميع عمليات التقدم العملية ذات الدلالة. وتطرح قياسات الرأي العام أن أكثر الأسباب انتشارا لعملية «استكشاف الفضاء» تكمن في «زيادة المعرفة». ولكن، ما مدى أهمية وجود البشر في الفضاء لإنجاز هذا الهدف؟ إن بعثات الروبوت، التي تحظى بأولوية قومية كبيرة وتتسلح بماكينات

مُحسنّة الذكاء، تبدو لي قادرة بالكامل، كما يقدر رواد الفضاء، على الإجابة عن جميع الأسئلة التي نحتاج إلى طرحها ـ وربما بمعدل 10٪ من التكلفة.

هناك زعم بوجود «منتجات جانبية» للبعثات ـ فوائد تكنولوجية ضخمة يمكن، بخلاف ذلك، ألا تتحقق ـ تؤدي من ثم إلى تحسين المنافسة الدولية والاقتصاد المحلي. ولكنها حجة قديمة، مثل القائلة إننا ننفق 80 بليونا من الدولارات (بالقيمة المالية المعاصرة) لإرسال رواد فضاء برنامج أبوللو إلى القمر، ونعجز عن الحصول على مقلاة قلي معفاة من الضريبة، ولهذا إذا كنا نسعى للحصول على مقلاة قلي فعلينا بوضوح أن نستثمر النقود مباشرة ونوفر مبلغ الـ 80 بليون دولار بالكامل.

والحجة مقبولة لأسباب أخرى أيضا، يكمن أحدها في أن تكنولوجيا مادة التفلون ـ التي تنتجها شركة ديبون ـ سبقت زمنيا برنامج أبوللو. ويصدق الشيء نفسه على منظم ضربات القلب، والأقلام ذات السن المستدير، وغيرها من المنتجات الجانبية الأخرى المزعومة لبرنامج أبوللو. (لقد حظيت ذات يوم بفرصة الحديث مع مخترع منظم ضربات القلب، الذي عانى هو ذاته من مشكلة قلبية وهو يصف شعوره بالظلم من جراء ما اعتبره حصول ناسا على التقدير للجهاز الذي اخترعه). فإذا كنا نحتاج إلى بعض التكنولوجيات بصورة ملحة، علينا إذن أن ننفق الأموال في تطويرها، ولا يلزم الأمر الذهاب إلى المريخ للقيام بذلك.

يستحيل، بطبيعة الحال، تطوير كل هذه التكنولوجيات الجديدة للغاية التي تتطلبها ناسا دون أن يكون لدينا بعض الإراقة في الاقتصاد العام وإنتاج بعض الاختراعات المفيدة لنا على الكوكب. فمسحوق عصير البرتقال (تانج، على سبيل المثال)، كان أحد نواتج برنامج الفضاء البشري، بالإضافة إلى المنتجات الجانبية في مجال الأدوات اللاسلكية والمخفضات المزروعة لانقباض عضلة القلب والملابس التي يجري تبريدها بالسوائل، والصور الرقمية ـ هذه مجرد عينة محدودة من المنتجات الجانبية. ومع ذلك، فهي تبرر بصعوبة الرحلات البشرية إلى المريخ، أو حتى وجود ناسا.

ويمكننا أن نرى ذلك المنتج الجانبي القديم، السيارة ذات الأزيز، التي تنفث الدخان، في الأيام العقيمة لمكتب حرب النجوم في عهد ريجان. كما أن القنبلة الهيدروجينية، المشتقة من ليزر الأشعة السينية في مراكز القتال

المداريّة، سوف تساعد، كما أخبرونا، في إجراء جراحات مثالية بالليزر، فإذا كان هذا الأمر يمثل أولوية قومية عليا، دعونا إذن نخصص الأموال، بجميع الوسائل، لتطويره، واتركوا فقط حرب النجوم خارج الموضوع. إن التبريرات المرتكزة على المنتجات الجانبية تمثل اعترافا بأن البرنامج غير قادر على الوقوف بمفرده، ولا يمكن تبريره بالغرض الذي استخدم لتأسيس عملية بيعه.

وفي يوم ما، كان يسود اعتقاد، على أساس النماذج الاقتصادية، أن كل دولار يجري استثماره في ناسا، يقابله ضخ العديد من الدولارات داخل الاقتصاد الأمريكي. وإذا كان هذا التأثير المتضاعف ينطبق على ناسا أكثر من غيرها من غالبية الوكالات الحكومية، فإنه يمكن أن يوفر تبريرا ماليا واجتماعيا قويا لبرنامج الفضاء. ولم يخجل أنصار ناسا من الالتجاء لهذه الحجة. ولكن دراسة رسمية لميزانية الكونجرس عن العام 1994 وجدت أن الأمر مجرد وهم. فبينما يفيد إنفاق ناسا بعض قطاعات الإنتاج في الاقتصاد الأمريكي ـ وخاصة صناعة الفضاء ـ فإنه لا يوجد تأثير متضاعف مميز. وبالمثل، فبينما يؤدي إنفاق ناسا إلى خلق أو الإبقاء على وظائف ومنافع، إلا أن ذلك لا يتجاوز كفاءة العديد من الهيئات الحكومية.

وتأتي هنا قضية التعليم، وهي حجة ثبتت جاذبيتها، من فترة لأخرى، بالنسبة للبيت الأبيض. لقد وصلت رسالات الدكتوراه في العلوم إلى ذروتها في فترة أبوللو ـ 11، ربما حتى بعد المرحلة التي تلت بداية برنامج أبوللو. وربما لا تكون علاقة السبب بالنتيجة واضحة، على الرغم من أنها ليست بعيدة عن التصديق. ولكن، ماذا إذن؟ إذا كنا نهتم بتحسين التعليم، فهل يُعد السفر إلى المريخ أفضل طريق؟ عليك أن تفكر فيما يمكن أن نؤديه بمبلغ 100 بليون دولار لتدريب المدرسين وزيادة رواتبهم، ولتطوير المعامل والمكتبات بالمدارس، وتقديم منح للطلاب المعدمين، فضلا عن إقامة منشآت البحث، والمنح الجامعية للخريجين. هل من الصحيح فعلا أن أفضل طريقة للنهوض بالعلم تتمثل في السفر إلى المريخ؟

وهناك حجة أخرى تقول إن البعثات البشرية سوف تشغل اهتمام المجتمع العسكري ـ الصناعي، وتنشر إغراء استخدام قواه السياسية الكبيرة للمبالغة في التهديدات الخارجية والنيل من الأموال المخصصة للدفاع. أما الجانب

الآخر من هذه العملة، فيتمثل في أننا، بالسفر إلى المريخ، نحافظ على قدرة تكنولوجية جاهزة للاستخدام عند الاقتضاء وتشكل أهمية بالنسبة للأحداث العسكرية الطارئة في المستقبل. وبطبيعة الحال، ربما يكون بمقدورنا أن نسأل ببساطة هؤلاء الزملاء أن يقوموا بعمل شيء ما يفيد الاقتصاد المدني بصورة مباشرة. ولكن، كما شاهدنا في سنوات السبعينيات مع حافلات جرومان وقطارات بوينج / ڤيرتول، فإن صناعة الطيران الفضائي قد خبرت مدى الصعوبة الحقيقية في مجال الإنتاج التنافسي للاقتصاد المدني. ويقينا فإن الدبابة يمكن أن تقطع مسافة ألف ميل في السنة، في حين يقطع الأتوبيس ألف ميل في الأسبوع؛ ولذا فإن التصميمات لا بد أن تكون مختلفة. ولكن مطالب إدارة الدفاع تكون أقل كثيرا في الأمور التي تحتاج التعويل عليها.

وكما أشرت سابقا، فإن التعاون في مجال الفضاء أخذ يصبح أداة للتعاون الدولي ـ على سبيل المثال، في بطء انتشار الأسلحة الاستراتيجية إلى أمم جديدة. إن الصواريخ التي انتهت مهماتها بانتهاء الحرب الباردة يجب توظيفها، بشكل يدر الربح، في مهمات إلى مدار كوكب الأرض، أو إلى القمر، أو الكواكب، أو الكويكبات السيارة والمذنبات. ولكن هذا كله غير قابل للتحقق دون إرسال مهمات بشرية إلى المريخ.

وهناك تبريرات أخرى. يدور جدال حول الحل النهائي لمشكلات الطاقة بالعالم، والذي يكمن في تعدين القمر، وإعادة الهيليوم ـ 3 الموجود في الرياح الشمسية إلى كوكب الأرض واستخدامه في مفاعلات الاندماج النووي. أي مفاعلات اندماج نووي؟ حتى لو كان هذا الأمر ممكنا، وإذا كان يتسم بمردودية تكلفة، فإنه يمثل تكنولوجيا تمتد إلى 50 أو 100 عام من الآن. إن مشكلات الطاقة التي نواجهها تحتاج إلى حل أسرع.

وهناك حجة أكثر غرابة تقول بضرورة إرسال بشر إلى الفضاء لحل أزمة السكان العالمية، ولكن عدد المواليد يزيد بمعدل 250 ألف فرد عن عدد الوفيات يوميا ـ وهو ما يعني أن علينا إرسال 250 ألف فرد كل يوم إلى الفضاء للحفاظ على المعدلات الحالية لسكان العالم. وهو ما يتجاوز قدراتنا الراهنة.

وسألقي نظرة خاطفة على القائمة، وأحاول تجميع الحجج الإيجابية

والحجج السلبية، واضعا بعين الاعتبار المطالب الأخرى الملقاة على كاهل الميزانية الفيدرالية. وبالنسبة لي، فإن الحجة تتمثل حتى الآن، في التساؤل التالي: هل يمكن لحاصل جمع عدد كبير من التبريرات غير المناسبة منفردا أن يصل إلى تبرير ملائم؟

لا أعتقد أن أيا من البنود في قائمتي للتبريرات المتعمدة يمكن أن تصل قيمته إلى 500 بليون دولار، أو حتى 100 بليون دولار ـ ليس على المدى القصير يقينا. ومن الناحية الأخرى، فإن، معظمها، لكل بند منها قيمة ما؛ وإذا كان كل بند من خمسة بنود، يقدر بنحو 20 بليون دولار، فربما يصل الأمر في نهاية المطاف إلى مائة بليون دولار. وإذا كنا نتسم بالمهارة في مجال تقليص التكاليف والدخول في شراكة دولية حقيقية، فإن التبريرات تصبح مُلزمة بدرجة أكبر.

وإلى أن يبدأ نقاش قومي حول هذه القضية، وإلى أن تتكون لدينا فكرة أفضل عن الأساس المنطقي وعن نسبة التكلفة / الفائدة الخاصة بالبعثات البشرية إلى المريخ، فماذا يجدر بنا أن نفعل؟ اقتراحي هو أن نتابع مشروعات البحث والتطوير التي يمكن تبريرها على أساس ميزاتها، أو عن طريق مدى وثاقة صلتها بالأهداف الأخرى. ولكن هذا الأمر أيضا يمكن أن يسهم في مهمات المريخ البشرية، إذا ما قررنا السفر فيما بعد. إن مثل هذا البرنامج، ينبغي أن يشتمل على ما يلي:

* وجود رواد الفضاء الأمريكيين على محطة الفضاء الروسية مير، من أجل القيام بطيران مشترك لفترات تزداد تدريجيا، تكون مدتها سنة أو سنتين، وهي الفترة التي يستغرقها الطيران إلى المريخ.

* الإعداد لمحطة الفضاء الدولية، بحيث تكمن وظيفتها الأساسية في دراسة آثار البيئة الفضائية على البشر وعلى المدى الطويل.

* الإنجاز المبكر لوحدة «الجاذبية الصناعية» الدوارة أو الطولية على محطة الفضاء الدولية، وتطبيقها على الحيوانات الأخرى ثم البشر.

* تعزيز الدراسات المتعلقة بالشمس، بما في ذلك مجموعة موزعة من مجسات الروبوت في مدار بالقرب من الشمس، وذلك لمراقبة النشاط الشمسي وتقديم تحذيرات مبكرة بقدر الإمكان لرواد الفضاء من «الانفجارات الشمسية» الخطيرة ـ عمليات رفض الكتلة للإلكترونات

والبروتونات من الهالة الشمسية.

* التطوير الأمريكي / الروسي متعدد الجوانب بشأن إنرچيا وتكنولوجيا صواريخ البروتون للولايات المتحدة وبرامج الفضاء الدولية. وعلى الرغم من أنه من غير المرجح أن تعتمد الولايات المتحدة في الأساس على معززات سوڤييتية فإن إنرچيا تمتلك تقريبا مصعد ساترن ـ 5 الذي أرسل رواد أبوللو إلى القمر. لقد أنهت الولايات المتحدة خط تجميع ساترن ـ 5 ولا يمكن إعادة إحيائه بسهولة. إن بروتون هو أكثر المعززات الموجودة الآن ويمكن الوثوق به. وتتوق روسيا إلى بيع هذه التكنولوجيا في مقابل العملة الصعبة.

* المشروعات المشتركة مع «ناسدا» (وكالة الفضاء اليابانية)، وجامعة طوكيو، ووكالة الفضاء الأوروبية، ووكالة الفضاء الروسية، إضافة إلى كندا وغيرها من الأمم. وفي غالبية الحالات، يجدر أن تصبح هذه الروابط علاقات شراكة على قدم المساواة، لا أن تصر الولايات المتحدة على إحراز الأهداف. وبالنسبة لاستكشاف المريخ عن طريق الروبوت فإن تلك البرامج ماضية قدما بالفعل. أما بالنسبة للطيران البشري، فإن محطة الفضاء الدولية تعد النشاط الرئيسي من بين هذه الأنشطة. وفي نهاية الأمر يمكننا أن نحشد بعثات كوكبية زائفة مشتركة في مدار الأرض المنخفض. ويُعد خلق تقليد من الامتياز التقني التعاوني أحد الأهداف الأساسية لهذه البرامج.

* التطور التكنولوجي ـ باستخدام فن الروبوت والذكاء الاصطناعي ـ للعربات الجوالة، والبالونات، والطيارات من أجل استكشاف المريخ وتنفيذ أول مهمة لإعادة عيّنات إلى كوكب الأرض. أما بالنسبة لسفن الفضاء الروبوت، التي يمكن أن تجمع عيّنات من المريخ وتعيدها إلى كوكب الأرض، فيمكن أن يتم اختبارها على الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض والقمر. وفيما يتعلق بالعيّنات المجموعة من المناطق المُختارة بعناية على القمر ينبغي تحديد أعمارها، حتى تسهم بشكل أساسي في فهمنا لتاريخ كوكب الأرض المبكر.

* مزيد من التطوير لتكنولوجيات تصنيع الوقود والمؤكسدات من المواد المريخية. وفي إحدى التقديرات، واعتمادا على النموذج الأصلي لأداة قام بتصميمها روبرت زوبرين والزملاء في مؤسسة مارتن مارييتا، يمكن إعادة

كيلومترات عدة من تربة المريخ إلى كوكب الأرض أوتوماتيكيا، وذلك باستخدام عربة دلتا المتواضعة للإطلاق والتي يمكن الاعتماد عليها.

* القيام برحلات طويلة زائفة على المريخ فوق كوكب الأرض، مع التركيز على المشكلات الاجتماعية والنفسية المحتملة.

* البحث النشط عن تكنولوجيات جديدة مثل الدفع الثابت حتى نصل إلى المريخ بسرعة. ويمكن أن تُعد هذه المسألة جوهرية إذا كان الإشعاع أو مخاطر الجاذبية الصغرى يمكن أن تجعل الرحلة التي مدتها عام (أو أكثر) محفوفة بالمخاطر.

* القيام بدراسات مكثفة للكويكبات السيارة القريبة من الأرض، والتي يمكن أن توفر أهدافا جيدة متوسطة ـ بالمقياس الزمني ـ أكثر من القمر.

* مزيد من التأكيد على العلم، بما في ذلك العلوم الأساسية التي تقبع خلف الاستكشاف الفضائي والتحليل الشامل للبيانات التي تم الحصول عليها بالفعل ـ عن طريق ناسا وغيرها من الوكالات المعنية بالفضاء.

هذه التوصيات تضيف إلى كَسْر التكلفة الكلية للمهمة البشرية إلى كوكب المريخ ـ على مدى عقد أو أكثر وبالاشتراك مع الأمم الأخرى ـ وإلى كسر الميزانيات الفضائية الحالية. ولكن، إذا نُفذت فإنها ستساعدنا على تقديم تقديرات تكلفة دقيقة وتقييمات أفضل سواء للمخاطر والفوائد. كما يمكن أن يتيح لنا تنفيذ هذه التوصيات تحقيق التقدم الفعال نحو إرسال بعثات بشرية إلى المريخ دونما مبتسر بأي أدوات خاصة بالمهمة. وغالبية هذه التوصيات، أو كلها، تتميز بتبريرات أخرى، حتى وإن كنا متأكدين من عدم قدرتنا على إرسال بشر إلى عالم آخر في العقود القليلة القادمة. إن تواصل الإنجازات الرنانة، الذي يزيد من جدوى الرحلات البشرية إلى المريخ، سوف يقضي على التشاؤم السائد في عقول كثيرين حول المستقبل.

وهناك ما هو أكثر من ذلك. فثمة مجموعة من الحجج الملموسة بدرجة أقل، وكثير منها أقبله عن طيب خاطر، وأجده رنانا وشديد الجاذبية. إن الرحلات الفضائية تتحدث إلى شيء عميق في داخلنا ـ في داخل كثيرين منا، إن لم يكن جميعنا. لقد أخذ المنظور الكوني في البروز، كما أخذ ينمو أيضا فهم أفضل لمكانتنا في الكون، فضلا عن ذلك البرنامج المرئي الذي يؤثر في رؤيتنا لأنفسنا والذي يمكن أن يوضح هشاشة بيئتنا الكوكبية

والمخاطر والمسؤوليات المشتركة لجميع الأمم والشعوب على كوكب الأرض. والرحلات البشرية إلى المريخ يمكن أن توفّر دلائل مشجّعة، إنها غنية بالمغامرة للمتجولين من بيننا ـ وخاصة الشباب، فحتى الاستكشاف المنجز لمصلحة الآخرين له فوائد اجتماعية.

وبشكل متكرر، وجدت أنني عندما أُدلي بأحاديث حول مستقبل برنامج الفضاء ـ إلى الجامعات ومجموعات رجال الأعمال، والعسكريين والمنظمات المهنية ـ فإن الجمهور، عادة، ما يتسم صبره أكثر مني فيما يتعلق بالعقبات العملية، والاقتصادية والسياسية في عالم الواقع. إنهم يتوقون للابتعاد عن العوائق واستعادة أيام ڤوستوك وأبوللو المجيدة حتى نعيدها ونخطو ثانية على عوالم أخرى. لقد قمنا بذلك بالفعل من قبل ويمكننا إعادة الكرة ـ هكذا يقولون. ولكنني أنبّه نفسي إلى أن هؤلاء الذين يحضرون مثل تلك الأحاديث متحمسون عن طواعية للفضاء.

في العام 1969، كان أقل من نصف الشعب الأمريكي يعتقد أن برنامج أبوللو يستحق تكلفته. ولكن الرقم ارتفع إلى الثُلثين في الذكرى الخامسة والعشرين للهبوط على القمر، وعلى الرغم من المشاكل التي كانت تواجهها ناسا، فقد كان تقدير 63٪ من الشعب الأمريكي لعملها يتراوح من جيد إلى ممتاز. ومن دون إشارة إلى التكلفة، فإن 55٪ من الشعب الأمريكي (طبقا لقياسات الرأي العام التي أجرتها CBS) يفضلون «إرسال الولايات المتحدة لرواد فضاء لاستكشاف المريخ». أما بالنسبة للبالغين من الشباب، فقد ارتفعت النسبة إلى 68٪. وأعتقد أن «الاستكشاف» هو الكلمة العملية.

ليس من قبيل المصادفة، ومهما كانت أخطاؤهم البشرية، ومهما كانت حالة السبات التي يمر بها برنامج الفضاء البشري (وهو اتجاه ربما ساعدت مهمة إصلاح تلسكوب هابل على تحويله للاتجاه العكسي)، أن النظرة لرواد الفضاء من الغرب والشرق لا تزال تعتبرهم، وعلى نطاق واسع، أبطال نوعنا الإنساني. لقد أخبرتني إحدى زميلاتي في المجال العلمي عن رحلة حديثة إلى الأراضي المرتفعة في نيو غينيا، حيث تفقدت ثقافة عصر حجري تتصل بصعوبة بالحضارة الغربية. إنهم هناك لا يعرفون شيئا عن ساعات اليد أو المشروبات الغازية أو الطعام المجمد. ولكنهم يعرفون أخبار أبوللو ـ 11، ويعرفون أن البشر ساروا على سطح القمر. كما كانوا يعرفون

أسماء أرمسترونج وألدرين وكولينز. وكانوا يودون معرفة من يزور القمر هذه الأيام.

إن المشروعات ذات التوجه المستقبلي، والتي يمكن استكمالها عبر عقود عدة على الرغم من صعوباتها السياسية، تذكرنا باستمرار بالوجود الدائم للمستقبل. إن الفوز بموطئ قدم على عوالم أخرى يهمس في أذننا بأننا شيء أكبر من البكتيّين (*) أو الصِّرب أو بولينيزيِّي (* *) تونجا أننا بشر.

ويطرح الطيران الفضائي الاستكشافي الأفكار العلمية والتفكير العلمي والكلمات العلمية أمام الجمهور. إنه يقود إلى رفع مستوى الاستقصاء الفكري. إن فكرة تمكُننا من فهم شيء لم يتمكن من فهمه من عاش قبلنا ـ ذلك الانتعاش الذي يشعر به الجميع وخاصة وبشدة العلماء المشاركون، وإن كان قابلا للإدراك من جانب كل إنسان تقريبا ـ تنتشر عبر أنحاء المجتمع، وترتطم بالجدار وتعود لنا مرة أخرى. إنها تشجعنا على مواجهة المشكلات التي لم تجد حلا لها بعد في مجالات أخرى. كما أنها تزيد من الإحساس العام بالتفاؤل في المجتمع. وتعمل على رواج التفكير النقدي، من النوع المطلوب بإلحاح، إذا ما كان علينا إيجاد حلول للقضايا الاجتماعية العسيرة التي تواجهنا اليوم. كما أنها تساعد على تحفيز جيل جديد من العلماء. وكلما اتسم الإعلام بالنظرة العلمية كان الوضع صحيا أكثر ـ وخاصة إذا ما قام بوصف الأساليب والنتائج والتبعات. إن الناس في كل مكان يتوقون إلى الفهم.

عندما كنت طفلا كانت أكثر أحلامي ابتهاجا تدور حول الطيران ـ ولا أعني أن أطير في آلة ما، وإنما أطير أنا نفسي. وحين كنت أقفز أو ألعب بالطوق، كنت أدفع مساري لأعلى. وربما كان الأمر يستغرق وقتا أطول للسقوط على الأرض. وحالما أصل إلى ذلك القوس العالي يتراءى لي أنني لن أهبط أبدا. وكنت أرغب في أن أحطّ فوق تمثال ناتئ من جدار بالقرب من إحدى قباب ناطحات السحاب، أو استقر برفق فوق سحابة. وفي ذلك

(*) Picts البكتيون شعب في شمال اسكتلندا ورد اسمه لأول مرة في السجلات التاريخية في نهاية القرن الثالث الميلادي - المراجع.

(* *) البولينيزيون هم سكان مملكة تونجا الصغيرة البالغ عددهم 95 ألف نسمة. ما يسترعي الاهتمام هو أن المؤلف على الرغم مما يبديه من روح التسامح على مدى الكتاب يظهر هنا نظرة استعلاء غير مفهومة ولا مبررة - المراجع.

الحلم ـ الذي كان يتراءى لي مئات المرات على الأقل في تنويعات عديدة ـ كان تحقيق عملية الطيران يتطلب حالة ذهنية معينة. ويستحيل وصف الأمر بالكلمات، ولكنني أتذكر ما كان عليه الحلم في ذلك اليوم. تخيل أنك قمت بعمل شيء داخل رأسك وفي فم معدتك، ثم أصبح بإمكانك أن ترفع نفسك عاليا بجهد إرادتك فحسب؛ إن أطرافك تتدلى مقطوعة. وأنت تحلق في الجو بعيدا عن اليابسة.

إنني أعرف العديدين الذين لديهم أحلام مماثلة. وقد يكونون غالبية الناس. وربما يرجع الأمر لعشرة ملايين من السنين أو أكثر، عندما كان أسلافنا ينتقلون من فرع شجرة لفرع آخر في الغابة البدائية. إن الرغبة في الطيران مثل الطيور كانت تراود الكثيرين من رواد الطيران الأوائل، بما فيهم ليوناردو دافينشي والإخوان رايت. وربما يكون هذا جزءا من إغراء الطيران الفضائي أيضا.

إنك في مدار أي عالَم، في الطيران بين الكواكب، تكون بالمعنى الحرفي بلا وزن. ويمكنك أن تصل إلى سقف سفينة الفضاء بدفعة ضعيفة من قدميك على أرضية السفينة. ويمكنك أن تمارس الألعاب البهلوانية في الهواء أسفل محور سفينة الفضاء الطويل. إن البشر يمرون بتجربة انعدام الوزن وهم في حالة مرح واستمتاع ـ وقد سجل هذا معظم رواد الفضاء من الغرب والشرق. ولكن، نظرا لأن سفينة الفضاء لا تزال صغيرة، ولأن «السير» الفضائي يتم باحتراس شديد، فلم يستمتع أي إنسان بعد بهذه الأعجوبة وهذا المجد: أن تدفع نفسك دفعة غير مدركة بالحس تقريبا، دون أي آلة تدفعك متحررا بالكامل عاليا في السماء، في سواد الفضاء الواقع بين الكواكب. إنك تصبح تابعا حيا لكوكب الأرض، أو كوكبا بشريا يتبع الشمس.

إن الاستكشاف الفضائي يشبع ميولنا للمشاريع الكبرى، وعمليات التجوال والبحث الضخمة التي كنا نمارسها منذ بلايين السنين، كصيادين وجامعي ثمار بين غابات السافانا في شرق أفريقيا. وبالمصادفة، وأقول إنه من الممكن تخيُّل سلاسل عديدة من العلية التاريخية لم يكن هذا العالم ليصبح معروفا إلا خلالها أننا في عصرنا هذا قادرون على أن نبدأ من جديد.

إن استكشاف عوالم أخرى يستخدم بدقة صفات المشروع التعاوني

الجريء والمخطط نفسها، فضلا عن الشجاعة التي تميز أفضل ما في التقاليد العسكرية. ولا تشغل بالك بانطلاق سفينة الفضاء أبوللو ليلا متجهة إلى عالم آخر. فهو أمر يستبق النتيجة. وعليك فحسب أن تشاهد طائرات إف ـ 14 (F - 14s) وهي تقلع من مراسي الطيران القريبة، وتميل يسارا ويمينا برشاقة، ويشتعل حارقها اللاحق. هناك شيء ما يجعلك تندفع بعيدا ـ أو على الأقل هذا ما يحدث لي. ولا يمكن لأي قدر من معرفة المساوئ المحتملة لغرق حاملات الطائرات أن يؤثر في هذا الشعور. إنه يتحدث ببساطة مع جزء آخر مني. جزء لا يرغب في أي اتهامات مضادة أو سياسات. جزء يرغب ببساطة في الطيران.

«لدي طموح... لا يقتصر على الذهاب لأبعد من أي مسافات ذهب إليها إنسان من قبل» ـ هكذا كتب القبطان چيمس كوك، مكتشف الباسيفيك في القرن الثامن عشر «ولكن إلى أبعد نقطة يمكن أن يصل إنسان إليها». وبعد مرور قرنين من الزمان، قال يوري رومانُنكو بعد عودته إلى كوكب الأرض مما كان يعتبر حينئذ أطول طيران فضائي في التاريخ، «الكون مثل المغناطيس... ما إن تذهب إلى هناك، حتى يصبح كل ما تفكر فيه هو كيفية العودة إليه مرة أخرى».

حتى چان چاك روسو، غير المتحمس للتكنولوجيا، شعر بذلك:

النجوم بعيدة فوقنا؛ إننا نحتاج إلى تعليمات تمهيدية، وأدوات، وآلات تشبه كثيرا السلالم الضخمة العديدة التي تمكننا من الاقتراب منها وإحضارها في متناولنا.

«إن الإمكانات المستقبلية للسفر الفضائي»، كما كتب الفيلسوف برتراند راسل في العام 1959، التي أصبحت متروكة الآن في الغالب للفانتازيا التي لا أساس لها، يمكن معالجتها برصانة دون أن نتوقف عن اهتماماتنا؛ وأن توضح لمن يتسمون بروح مغامرة أقوى من بين الشباب، أن عالما من دون حروب لا يحتاج إلى أن يصبح عالما دون مجد محفوفا بالمغامرة والأخطار [2]. ولا توجد حدود لهذا النوع من المنافسة. إن كل نصر ليس سوى مقدمة لنصر آخر. ولا يمكننا وضع حدود على الآمال العقلانية.

وعلى المدى البعيد، أكثر من أي تبريرات «عملية» أخرى وضعناها بعين الاعتبار سابقا، قد تكون هذه هي الأسباب التي تدفعنا للسفر إلى المريخ

وغيره من العوالم. وفي غضون ذلك، فإن تحقيق التقدم على كوكب الأرض يُعد أهم خطوة يمكن أن نتخذها في طريق السفر إلى المريخ. وحتى عمليات التحسين المتواضعة في المشكلات الاجتماعية والاقتصادية والسياسية التي تواجهها حضارتنا العالمية الآن يمكن أن تؤدي إلى إطلاق موارد ضخمة، مادية وبشرية على السواء من أجل أهداف أخرى.

هناك واجبات كثيرة يتحتم أداؤها هنا على كوكب الأرض، ويجب أن نفي بالتزامنا تجاهها. ولكننا صنف من نوع يحتاج إلى حقل جديد يتيح مجالا لنشاط الرواد والمستكشفين ـ لأسباب بيولوجية أساسية. وفي كل مرة تفرد فيها الإنسانية نفسها وتدخل منعطفا جديدا تحصل على نفحة من الحيوية المثمرة التي تستطيع أن تحملها لقرون.

هناك عالم جديد مجاور. ونحن نعرف كيف نصل إلى هناك.

17 العنف الروتيني في الفضاء الواقع بين الكواكب

إنه قانون الطبيعة أن تظل الأرض وجميع الأجسام الأخرى في أماكنها الصحيحة، ولا تنتقل منها إلا عن طريق العنف.

أرسطو (384 ـ 322 قبل الميلاد) ـ الفيزياء

هناك شيء يثير الضحك بشأن كوكب زحل. فعندما استخدم جاليليو العام 1610 أول تلسكوب في العالم لمشاهدة الكواكب ـ الذي كان عندئذ أبعد عالم معروف ـ وجد زائدتين يقع كل واحد منهما على أحد جوانبه وشبههما بتشبيههم «المقبضين». وأسماهما بعض علماء الفلك الآخرون: «الأذنين». إن الكون يشتمل على عجائب عديدة، ولكن كوكبا بأذنين مثل الإبريق يعد أمرا مفزعا وقد مات جاليليو قبل أن تحل هذه المسألة الغريبة.

ومع مرور السنين. وجد المراقبون أن الأذنين... ويا للعجب، تطولان وتشحبان. وفي نهاية المطاف، اتضح أن ما اكتشفه جاليليو هو حلقة مفرطة في رقتها تحيط بزحل عند خط استوائه، ولكن لا تلمسه في أي موضع. وفي بعض السنوات، ونتيجة لتغير الأوضاع المدارية لكوكبي الأرض وزحل، أمكن رؤية الحلقة من جانبها وهي تبدو، ونظرا لرقتها، وكأنها تختفي. وفي سنوات أخرى شوهدت من

وجهها وأصبحت «الأذنان» أكبر. ولكن، ماذا يعني وجود حلقة حول زحل؟ أهي طبق رقيق مسطح وجامد وبداخله ثقب يقبع الكوكب داخله؟ من أين يأتي ذلك؟

وتنقلنا هذه التساؤلات إلى عمليات الاصطدام، التي تمزق العوالم، إلى نوعين من المخاطر المختلفة تماما بالنسبة لنوعنا الإنساني، وإلى سبب ـ يتجاوز جميع الأسباب التي وصفناها سابقا ـ يرتبط بضرورة وجودنا في الخارج، بين الكواكب، من أجل استمرار حياتنا نفسها.

ونحن نعرف الآن أن حلقات زحل (وصيغة الجمع مؤكدة) تمثل مجموعة كبيرة من عوالم جليدية رقيقة، يدور كل منها في مداره المنفصل، ويرتبط بزحل عن طريق جاذبية الكوكب الهائلة. ومن زاوية الحجم، نجد أن هذه العوالم الصغيرة تتراوح من جزيئات من الغبار الدقيق إلى حجم البيت. ولا يوجد منها ما يصل حجمه إلى حد من الكبر يتيح تصويره عن طريق طيران قريب. وتوجد هذه الحلقات على شكل مجموعة فاتنة من الدوائر الدقيقة متحدة المركز، مثل الأخاديد على أسطوانة الفونوغراف (وهي في الواقع تتخذ الشكل اللولبي). وقد أمكن الكشف عنها للمرة الأولى، في جلالها عن طريق سفينتي الفضاء ڤوييچر في تحليقهما العامين 1980، 1981. لقد أصبح فن الديكو Art Deco المتعلق بحلقات زحل، في قرننا هذا، بمنزلة أيقونة المستقبل.

كان مطلوبا مني في اجتماع علمي بأواخر أعوام الستينيات أن أقدم تلخيصا للمشكلات المعلقة في مجال العلوم الكوكبية. وقد طرحت سؤالاً حول زحل، وهو لماذا يمتلك هذا الكوكب، من بين كل الكواكب الأخرى، حلقات؟ ولكن السفينتين ڤوييچر اكتشفتا أنه ليس بسؤال،إذ إن الكواكب الأربعة العملاقة في مجموعتنا الشمسية ـ المشتري، وزحل، وأورانوس، ونبتون ـ تمتلك، في واقع الأمر، حلقات. ولكن أحدا لم يكن يعرف ذلك عندئذ.

إن كل منظومة حلقية لديها سمات مميزة. فمنظومة حلقات المشتري ذات ملامح نحيلة، وتتكون في الغالب من جزيئات داكنة ومتناهية الصغر. أما حلقات زحل اللامعة، فتتكون في الغالب من ماء متجمد، ويوجد حوله الآلاف من الحلقات المنفصلة، بعضها ملتف وعليه علامات غريبة قاتمة

تشبه شعاع الدولاب وهي تتشكل وتتشتت. وبالنسبة لحلقات أورانوس الداكنة، فيبدو أنها تتكون من كربون عنصري وجزيئات عضوية - شيء يماثل الفحم النباتي أو سناج المداخن. ولأورانوس تسع حلقات أساسية، يبدو القليل منها كما لو كان «يتنفس»، ويتمدد، وينكمش. أما حلقات نبتون فهي الأكثر نحافة من بين كل الحلقات، إنها متغيرة بشدة من حيث الكثافة، حتى أنه عند الكشف عنها من كوكب الأرض تبدو كأقواس ودوائر غير كاملة. ويبدو أن عددا من الحلقات يحافظ عليه بفعل قوة الجذب الناجمة عن قمري الراعي two shepered moons، وأحدهما أقرب قليلا للكوكب عن الحلقات والثاني أبعد قليلا. وتعرض كل منظومة حلقية جمالها غير الأرضي على نحو ملائم.

كيف تتشكل الحلقات؟ ربما تعد عمليتا المد والجذر إحدى الاحتمالات الممكنة. فإذ ما مر عالم شارد بالقرب من كوكب، ينجذب جانبه القريب نحو الكوكب، بفعل الجاذبية، أكثر من جانبه البعيد. وإذا ما اقترب بدرجة كافية، وكان تماسكه الداخلي ضعيفا بدرجة كافية، أمكن أن يتمزق إلى أشلاء بكل معنى الكلمة. وأحيانا نرى أن هذه العملية تحدث للمذنبات عندما تمر مقتربة جدا من المشتري أو الشمس. وقد برزت إمكانات أخرى من استطلاع ڤوييچر للمنظومة الشمسية الخارجية، ويمكن تحديدها على النحو التالي: تتكون الحلقات عندما تتصادم عوالم وتتحطم أقمار إلى فتات. وربما لعبت هاتان الآليتان دورا في العملية.

تخترق مجموعة غريبة من العوالم الصغيرة الحمراء الفضاء الواقع بين الكواكب، ويدور كل منها في مدار حول الشمس. وقليل من هذه العوالم له حجم كبير، يصل إلى حجم بلد أو ولاية، أما الكثير منها فله مساحات سطح تشبه مساحة قرية أو مدينة. والعوام الصغيرة توجد بدرجة أكبر من العوام الكبيرة وهي تتراوح في الحجم نزولا إلى حجم جزيئات الغبار. ويسير بعض هذه العوالم في مسارات بيضاوية طويلة ممتدة، مما يتيح لها المرور بشكل دوري بمدار كوكب أو أكثر.

وفي بعض الأحيان، ولسوء الحظ، يوجد عالَم ما في الطريق. وهنا يمكن أن يؤدي التصادم إلى تحطيم وسحق العالم الدخيل والقمر الذي ضُرب (أو على الأقل المنطقة المحيطة بالصفر الأرضي). إن الحطام الناتج

ـ المقذوف من القمر، ولكن لم ينتقل بسرعة كبيرة تتيح له الهروب من جاذبية الكوكب ـ يمكن أن يشكل حلقة لفترة من الوقت. وتتكون هذه الحلقة من المواد التي كانت تتكون منها الأجسام المتصادمة، ولكن عادة من مواد القمر المستهدف أكثر من مواد الجسم المتصادم الأحمر. وإذا كانت العوالم المتصادمة جليدية، فإن النتيجة في النهاية سوف تكون حلقات من جزيئات الجليد، أما إذا كانت هذه العوالم مكونة من جزيئات عضوية، فإن الحلقات الناتجة سوف تتكون من جزيئات عضوية (تجري معالجتها تدريجيا بالإشعاع متحولة إلى كربون). إن إجمالي كتلة حلقات زحل لا يزيد عما قد ينجم من التدمير التصادمي الكامل لقمر جليدي واحد. وبالمثل، يمكن أن يكون تحطم أقمار صغيرة سببا في وجود المنظومات الحلقية للكواكب العملاقة الثلاثة الأخرى.

إن القمر المحطم والمبعثر ما لم يكن شديد القرب من كوكبه، سيتراكم من جديد تدريجيا (أو سيفعل ذلك جزء معقول منه على الأقل). وتظل الأجزاء الكبيرة والصغيرة، في مدار القمر نفسه قبل التصادم، وتتساقط معا شذرا. وما كان سابقا قطعة من اللب أصبح الآن على السطح، والعكس صحيح. إن الأسطح الممزوجة الناتجة قد تبدو شديدة الغرابة. فميراندا ـ أحد أقمار أورانوس ـ يبدو منقولا على غير هدى وبارتباك، وربما كانت له الأصول نفسها.

ويقترح عالم الكواكب الجيولوجي الأمريكي يوچين شوميكر أن كثيرا من الأقمار بالمنظومة الشمسية الخارجية قد أُبيدت وأُعيد تكوينها ـ لا مرة واحدة وإنما مرات عدة على مدار 4,5 بليون سنة منذ أن تكثفت الشمس والكواكب من الغاز والغبار الواقع بين النجوم. إن الصورة الناتجة عن استطلاع ڤوييچر للمنظومة الشمسية الخارجية هي عن عوالم قام الدخلاء من الفضاء بتعكير صفوها وهدوئها؛ وعن عوالم ناجمة عن تصادمات؛ وأقمار تتشكل مرة أخرى من الحطام والركام، وتعيد تكوين نفسها مثل العنقاء التي تخرج مرة أخرى من بين رمادها ذاته.

ولكن القمر الذي يوجد بالقرب من كوكب، لا يكون بمقدوره إعادة التشكل إذا ما تعرض للسحق والتدمير ـ فقوى الجاذبية من الكوكب القريب تمنع ذلك. وما إن ينتشر الحطام الناتج إلى الخارج في منظومة حلقية فإنه

قد يعيش لمدة طويلة ـ على الأقل بمعيار طول فترة الحياة البشرية. وكثير من الأقمار الصغيرة غير الواضحة، التي تدور الآن في مدارات حول الكواكب العملاقة، ربما يزدهر ذات يوم متحولا إلى حلقات واسعة جميلة.

وتتأيد هذه الأفكار بظهور عدد من التوابع في المنظومة الشمسية. حيث يوجد على فوبوس، القمر الداخلي لكوكب المريخ، فوهة ضخمة تسمى ستيكني. أما على ميماس، القمر الداخلي لكوكب زحل، فتوجد فوهة كبيرة باسم هيرشيل. وهاتان الفوهتان ـ مثل تلك الموجودة على قمرنا، والموجودة بالطبع في جميع أنحاء المنظومة الشمسية ـ أنتجتا بفعل التصادمات. إن العالم الدخيل يندفع بعنف داخل عالم أكبر مسببا انفجارا ضخما عند نقطة التصادم. وتتجوّف منطقة التصادم في العالم الأكبر بفوهة على شكل سلطانية ويدمَّر العالم الأصغر. ولو أن العالم الدخيل الذي حفر الفوهتين ستيكني وهيرشيل كان أكبر قليلا لكانت طاقته تكفي لتحويل فوبوس وميماس إلى قطع صغيرة. لقد نجحت هذه الأقمار بصعوبة من الفرار من تلك الكرة التدميرية الكونية؛ ولكن عوالم أخرى كثيرة لم تقدر على الفرار.

وفي كل مرة يوجد عالم مدمَّر، فإن ذلك يعني وجود عالم دخيل أصغر منه ـ شيء مثل سباق تدمير في أنحاء المنظومة الشمسية، إنها حرب إنهاك. إن الحقيقة الفعلية لحدوث الكثير من هذه التصادمات تعني استنفاذ العوالم الصغيرة الحمراء بدرجة كبيرة. ومن غير المرجح أن العوالم التي تسير في مسارات دائرية حول الشمس، ولا تتقاطع مع مدارات العوالم الأخرى، سوف تندفع مصطدمة بكوكب. أما العوام التي تسير في مدارات بيضاوية عاليا، أو تخترق مدارات كواكب أخرى، فسوف تصطدم آجلا أم عاجلا بتلك الكواكب، أو تطردها الجاذبية من المنظومة الشمسية.

إن الكواكب قد تراكمت، بالتأكيد، من عوالم صغيرة، كانت بدورها قد تكثفت من سحابة مسطحة ضخمة من الغبار والغاز المحيط بالشمس ـ مثل السحاب الذي يمكن مشاهدته اليوم حول النجوم الشابة القريبة. وهو الأمر الذي يعني أن التاريخ المبكر للمنظومة الشمسية، قبل الاكتساحات الناجمة عن الاصطدامات، قد شهد الكثير من العوالم الصغيرة بدرجة أكبر مما نراه اليوم.

وواقع الحال أن ثمة دليلا واضحا على ذلك في فنائنا الخلفي: إذا أحصينا العوالم الصغيرة الدخيلة في جيرتنا الفضائية أمكننا تقدير زمن اصطدامها بالقمر. ولنقم بافتراض متواضع هو أن عدد العوام الدخيلة لم يكن أصغر أبدا مما هو عليه الحال اليوم. وعندئذ، يمكننا أن نحسب عدد الفوهات التي ينبغي وجودها على القمر. والعدد الذي نحصل عليه يثبت في النهاية أنه أقل كثيرا من العدد الذي نشاهده على الأراضي المرتفعة المخرّبة على سطح القمر. إن وفرة الفوهات غير المتوقعة على سطح القمر تحكي لنا عن ذلك العصر المبكر عندما كانت المنظومة الشمسية تموج في اضطراب وحشي، وتتدحرج بعنف من جراء العوالم الموجودة على مسارات تصادمية وهذا مفهوم تماما، لأن هذه العوالم قد تشكلت من تكتل عوالم صغيرة أصغر منها كثيرا، نمت هي ذاتها من الغبار الواقع بين النجوم. إن الاصطدامات القمرية كانت، منذ أربعة ملايين من الأعوام، أكثر تكرارا بمئات المرات عما عليه الحال اليوم. ومنذ 4,5 مليون سنة، عندما كانت الكواكب لا تزال غير مكتملة، ربما كان معدل حدوث الاصطدامات يزيد بأكثر من بليون مرة عما يحدث في عصرنا المهدَّأ.

إن الفوضى ربما خففت بفعل المنظومات الحلقية المتوهجة الكثيرة والتي تزين الكواكب الآن. وإذا كان لكوكبي الأرض والمريخ، والكواكب الصغيرة الأخرى، أقمار صغيرة في تلك الفترة، فلربما كانت قد تزينت بحلقات هي الأخرى.

إن التفسير الأكثر إرضاء بشأن أصل قمرنا، يرتكز على كيميائيته (كما كشفت عنها العيّنات التي أُحضرت عن طريق مهمات أبوللو وقد تشكلت منذ ما يقرب من 4,5 بليون سنة، عندما اصطدم عالم له حجم المريخ بكوكب الأرض. لقد تحول الكثير من الوشاح الصخري لكوكبنا إلى غبار وغاز ساخن ونُفخ في الفضاء. وتراكم بعض الحطام مرة أخرى، وبالتدريج، في مدار حول الأرض ـ ذرة بعد ذرة، وصخرة بعد صخرة. ولو كان هذا العالَم المجهول الذي اصطدم بكوكب الأرض أكبر قليلا لكانت النتيجة إزالة كاملة لكوكب الأرض. وربما كانت توجد في وقت ما بمنظومتنا الشمسية عوالم أخرى ـ ربما حتى عوالم تموج بالحياة ـ اصطدمت بها عوالم صغيرة شيطانية، وتدمرت تماما ولم يعد بحوزتنا منها اليوم ولا حتى إشارة.

إن الصورة المنبثقة للمنظومة الشمسية المبكرة لا تمثل تعاقبا جليلا للأحداث المُصمَّمة من أجل تشكيل كوكب الأرض. بل يبدو كما لو أن كوكبنا قد صُنع ووجد بمحض مصادفة سعيدة [1]، في وسط العنف الذي يصعب تصديقه. ولا يبدو أن حرفيا ماهرا قد قام بنحت عالمنا. وهنا أيضا لا توجد أي إشارة إلى كون مصنوع من أجلنا.

إ ن العوالم المخزونة المتضائلة الصغيرة تتخذ اليوم أسماء متعددة: كويكبات سيارة (استيرويد)، مذنبات، أقمار صغيرة. وتعتبر هذه التصنيفات تعسفية ـ فالعوالم الصغيرة الحقيقية قادرة على خرق هذه التصنيفات التي صنعها الإنسان. وكلمة استيرويد (كويكب سيار) تعني «شبيه النجم»، وهو في الواقع ليس كذلك. فبعض الكويكبات السيارة صخرية، والبعض معدني، ويبقى البعض غنيا بالمادة العضوية. ولا يزيد عرض أي منها عن 1000 كيلومتر. وهي توجد غالبا في حزام بين مداري المريخ والمشتري. وذات يوم كان علماء الفلك يعتقدون أن الكويكبات السيارة في «الحزام الرئيسي» بقايا عالم متحطم. ولكن، هناك فكرة أخرى، وكما أصفها، هي الآن أكثر عصرية: إن المنظومة الشمسية كانت مليئة ذات يوم بعوالم تشبه الكويكبات السيارة، ودخل البعض منها في عملية بناء الكواكب. وفقط في حزام الكويكبات السيارة بالقرب من المشتري، تقوم قوى جاذبية هذا الكوكب الضخم بمنع الحطام القريب من الالتحام والاندماج لتكوين عالم جديد. إن الكويكبات السيارة بدلا من أن تمثل عالما كان موجودا ذات يوم، يبدو أنها الوحدات البانية لعالم غير مقدر له أن يوجد أبدا.

ونزولا لحجم كيلومتر، ربما نجد ملايين عدة من الكويكبات السيارة، ولكن هذا العدد يعتبر ضئيلا جدا، في إطار الحجم الشاسع للفضاء الواقع بين النجوم، ويظل، حتى، بعيدا جدا عن أن يسبب مخاطر جدية لسفينة فضاء تمضي في طريقها إلى المنظومة الشمسية الخارجية. لقد قامت سفينة الفضاء جاليليو، في طريقها المتعرج نحو المشتري، بتصوير الكويكبين السيارين جاسبرا وإيدا بالحزام الرئيسي، وذلك في العامين 1991و1993 على الترتيب.

إن الكويكبات السيارة بالحزام الرئيسي باقية في موطنها. وإذا ما أردنا استكشاف هذه الكويكبات علينا أن نذهب إليها ونتفقدها كما فعلت السفينة

جاليليو. أما المذنبات، من الناحية الأخرى، فإنها تأتي لزيارتنا أحيانا، كما فعل ذلك مؤخرا مذنب هالي في العامين 1910 و1986. إن المذنبات تتكون في الغالب من الجليد، بالإضافة إلى كميات صغيرة من المادة الصخرية والعضوية. وعند تسخينها، يتبخر الجليد مؤديا إلى تشكيل تلك الذيول الطويلة الجميلة التي تمتد نحو الخارج عن طريق الرياح الشمسية وضغط ضوء الشمس. وبعد عديد من المسارات عبر الشمس، يتبخر الجليد كله تاركا، في بعض الأحيان، عالما صلبا من الصخر والمادة العضوية. وفي بعض الأحيان، تنتشر الجزيئات المتبقية ـ بعد ذوبان الجليد الذي كان يجمعها معا ـ نحو الخارج في مدار المذنب، مولدة أثر ركام حول الشمس.

وفي كل مرة تدخل فيها قطعة صغيرة من الزغب المذنبي بحجم حبة الرمل إلى الغلاف الجوي لكوكب الأرض بسرعة عالية، فإنها تحترق منتجة ذيلا لحظيا من الضوء، يطلق عليه المراقبون على كوكب الأرض اسم «النيزك المتشدد» أو «الشهاب». وبعض المذنبات المفككة لديها مدارات تتقاطع مع مدار كوكب الأرض. ولذا، فإن كوكب الأرض، خلال رحلته السنوية المنتظمة حول الشمس، يندفع خلال أحزمة من الركام المذنبي المداري وعندئذ، يمكن أن نشهد وابلا من المذنبات أو عاصفة منها، وتتوهج السماء بأجزاء جسم المذنب. فالمذنب بيرسيد، على سبيل المثال، الذي نراه كل عام في يوم 12 أغسطس تقريبا، ترجع أصوله إلى مذنب منته يسمى سويفت ـ توتل. ولكن، لا ينبغي أن ننخدع بجمال وابل المذنبات: فهناك ثنائية تربط بين هؤلاء الزائرين المتوهجين في سماء ليلنا وتدمير العوالم.

وبين الحين والآخر، تنفث بعض الكويكبات السيارة نفحات قليلة من الغاز، أو تشكل ذيلا مؤقتا، مما يؤدي إلى اقتراح وجودها في حالة انتقالية بين الوضع المذنبي والوضع الكويكبي. إن بعض الأقمار الصغيرة التي تدور حول الكواكب ربما تكون كويكبات سيارة مأسورة أو مذنبات مأسورة، وربما تندرج أقمار المريخ والتوابع الخارجية للمشتري في هذه الفئة.

إن الجاذبية تهدئ كل شيء حتى ينفر بعيدا جدا ولكن بالنسبة للأجسام الكبيرة فقط تكون الجاذبية كافية لجعل الجبال ونتوءات أخرى تنهار من جراء وزنها وكافية لكي تُدَوِّر العالم. وبطبيعة الحال، عندما نراقب أشكال العوالم الصغيرة نجدها متكتلة وغير منتظمة، وتتخذ شكل حبة البطاطس.

وهناك من بين علماء الفلك من تقتصر فكرتهم عن تمضية الوقت الممتع على البقاء حتى الفجر في ليل بارد بلا قمر لالتقاط صور للسماء- السماء نفسها التي صوروها في العام الماضي... والعام الذي سبقه. وإذا ماكانت الصور التي التقطوها في المرة الماضية سليمة فإنك قد تتساءل بحق لماذا يفعلون ذلك مرة أخرى؟ والإجابة هي: السماء تتغير. ففي أي سنة ما قد توجد عوالم صغيرة غير معروفة تماما، ولم تر من قبل، تقترب من كوكب الأرض ويرقبها هؤلاء المراقبون الذين يكرسون أنفسهم لهذه المهمة.

وفي 25 مارس 1993، كانت مجموعة من الباحثين عن الكويكبات السيارة والمذنبات تنظر إلى الحصاد الفوتوغرافي لليلة متقطعة السحب في مونت بالومار بكاليفورنيا، واكتشفت وجود لطخة مستطيلة ضعيفة في أفلامهم، بالقرب من شيء شديد اللمعان في السماء هو كوكب المشتري. وهنا طلب كل من كارولين ويوجين شوميكر وديفيد ليفي من مراقبين آخرين أن يلقوا نظرة. وقد اتضح شيء مذهل في هذه اللطخة المستطيلة: إنها حوالي 20 جسما لامعا صغيرا يدور في مدار حول المشتري واحدا تلو الآخر، مثل اللآلئ المتتابعة في حبل واحد. وقد أطلق اسم جماعي على المذنب: شوميكر- ليفي 9 (هذه هي المرة التاسعة التي تكتشف فيها هذه المجموعة أحد المذنبات الدورية).

ولكن، من المثير للحيرة والإرباك أن نسمي هذه الأشياء مذنبات، فإن حشدا منها ربما كانت البقايا المشظّاة من مذنب واحد، لم يكتشف حتى الآن. وكان يدور بصمت في مدار حول الشمس لمدة 4 بلايين سنة قبل أن يقترب من المشتري وتأسره، منذ عقود قليلة، جاذبية أكبر كواكب المنظومة الشمسية. وفي السابع من يوليو 1992، تمزق إلى أشلاء نتيجة لقوى جاذبية المشتري.

ويمكنك أن تدرك أن الجزء الداخلي لمذنب كهذا ينجذب نحو المشتري بقوة أكبر مما يحدث لجزئه الخارجي، ذلك أن الجزء الداخلي أقرب للمشتري عن الجزء الخارجي. وبالتأكيد فإن فرق الجذب قليل. فأقدامنا أقرب قليلا لمركز الأرض من رؤوسنا، ولكننا لسنا في سياق التمزق إلى أشلاء بفعل جاذبية كوكب الأرض. وحدوث مثل هذا التمزق الناتج عن

الجاذبية يعني أن ترابط المذنب الأصلي كان ضعيفا. لقد كان قبل التشظي، كما نعتقد، كتلة ضعيفة التدمج من الجليد والصخر والمادة العضوية ربما تمتد نحو عشرة كيلومترات (حوالي 6 أميال).

وبعد ذلك أمكن إجراء تحديد دقيق لمدار المذنب الممزق. وما بين 16 و22 يوليو 1994، اصطدمت الشظايا المذنبية بكوكب المشتري، واحدة بعد الأخرى. والأجزاء الأكبر بلغ عرضها كيلومترات عدة. وكان اصطدامها بالمشتري جديرا بالمشاهدة.

ولم يكن أحد يعرف، بصورة مسبقة، تأثير هذه التصادمات المتعددة على الغلاف الجوي للمشتري وسحبه. وربما كانت شظايا المذنبات، المحاطة بهالات من الغبار، أصغر كثيرا عما تبدو. أو ربما لم تكن أجساما متماسكة على الإطلاق وإنما أجسام ضعيفة التدمجـ شيء مثل كومة من الحصى لدى كل الجزيئات التي تسافر معا عبر الفضاء، في مدارات متطابقة تقريبا. وإذا ما صحت إحدى الاحتمالات، فيمكن أن يبتلع المشتري المذنبات دون أن يترك لها أثرا. وقد اعتقد علماء فلك آخرون على الأقل، في إمكان وجود كرات نارية وهاجة وذؤابات عملاقة حين تندفع شظايا المذنبات نحو الغلاف الجوي. ومع ذلك ارتأى آخرون أن السحب الكثيفة من الجزيئات الدقيقة التي تصحب شظايا المذنب شوميكرـ ليفيـ 9 إلى المشتري، يمكن أن تمزق المجال المغناطيسي للكوكب أو تشكل حلقة جديدة.

إن مذنبا بهذا الحجم ينبغي أن يصطدم بالمشتري، كما هو محسوب، مرة فقط كل ألف عام. إنه ليس حدثا فلكيا لفترة عمر واحدة، وإنما لفترات عمرية عدة. ولم يحدث شيء بهذا المقياس منذ اختراع التلسكوب. ولهذا في منتصف يوليو 1994، تحولت تلسكوبات كوكب الأرض والتلسكوبات الفضائية نحو كوكب المشتري، في جهد علمي دولي رائع التنسيق.

لقد ظل العلماء يعدون للأمر مدة عام. وقد قُدرت مسارات الشظايا في مداراتها حول المشتري، واكتشف أن هذه الشظايا ستصطدم بالمشتري. وكانت تنبؤات التوقيت دقيقة، ولكن الحسابات أظهرت مع الأسف، أن جميع الاصطدامات ستحدث في الجانب الليلي من كوكب المشتري، الجانب غير المرئي من الأرض (برغم سهولة الوصول إلى هناك عن طريق سفينتي الفضاء جاليليو وفوييجر بالمنظومة الشمسية الخارجية). ومن حسن الحظ

أن كل التصادمات ستتم قبل شروق فجر الكوكب الشبيهة بالمشتري بدقائق قليلة، قبل أن يحمل دوران المشتري موقع التصادم إلى خط الرؤية من كوكب الأرض.

إن اللحظة التي عينت لتصادم أول قطعة، الشظية أ، أتت وولت. ولم توجد أي تقارير من التلسكوبات الأرضية. وقد حدق علماء الكواكب شاشات التلفزيون التي كانت تعرض البيانات التي يبثها معهد علوم تلسكوب الفضاء في بالتيمور من تلسكوب هابل الفضائي. لم يكن هناك شيء غريب. وترك رواد الفضاء بالمكوك أعمالهم بشأن مراقبة تكاثر ذبابة الفاكهة والأسماك وسمندل الماء وذلك لمشاهدة المشتري من خلال النظارات المكبرة ولكنهم أفادوا بعدم رؤية أي شيء. إن الأمل في مشاهدة تصادم الألفية بدأ يدخل مرحلة الإخفاق.

صدر بعد ذلك تقرير من تلسكوب أرضي بصري في لابالما بجزر الكناري، تلاه تقارير تلسكوبات راديوية من اليابان، ومن المرصد الجنوبي الأوروبي في شيلى، ومن أداة جامعة شيكاغو في الأراضي القاحلة بالقطب الجنوبي. وفي بالتيمور، تزاحم العلماء الشبان حول شاشة التلفزيون- وكانت كاميرات سي. إن. إن ترقبهم هم أنفسهم- وبدأوا في مشاهدة شيء، وفي المكان الصحيح تماما على كوكب المشتري، وآنئذكان يمكنك أن تشهد التحول من التجهم إلى الارتباك لقد هللوا، وصرخوا، وقفزوا إلى أعلى وأسفل وامتلأت الغرفة بالابتسامات. وفتحوا زجاجات الشمبانيا ابتهاجا. وكانت هناك مجموعة من العلماء الأمريكيين الشباب- حوالي ثلثهم، بما في ذلك قائدة المجموعة هايدي هامل، من النساء- ويمكنك أن تتخيل الشباب في جميع أنحاء العالم وكل منهم يتمنى أن يكون عالما، باعتبار أنها وظيفة يومية جيدة، أو حتى وسيلة للإشباع الروحي. وبالنسبة للشظايا، لاحظ المراقبون من كوكب الأرض أن كرة النار ترتفع بسرعة وإلى ارتفاع كبير بحيث يمكن رؤيتها، على الرغم من أن موقع التصادم أسفلها كان لايزال في ظلام الكواكب الشبيهة بالمشتري. وارتفعت الذؤابات ثم تسطحت في أشكال تشبه الفطائر. ومع انتشارها من نقطة التصادم، أمكننا أن نرى موجات الصوت والجاذبية ورقعة حائلة اللون أصبحت، بالنسبة للشظايا الأكبر، في حجم كوكب الأرض.

وباندفاعها بقوة إلى المشتري بسرعة 60 كيلومترا في الثانية (130 ألف ميل في الساعة)، حولت الشظايا الكبيرة طاقتها الحركية جزئيا إلى موجات تصادم وجزئيا إلى حرارة. وقد أمكن تقدير درجة حرارة الكرة النارية بآلاف الدرجات. وكانت بعض الذؤابات والكرات النارية أكثر بريقا من باقي كوكب المشتري برمته.

ما السبب في وجود بقع مظلمة بعد التصادم؟ قد تكون مادة من السحب العميقة لكوكب المشتري ـ من المنطقة التي لا يتمكن المراقبون الأرضيون من مشاهدتها بشكل اعتيادي ـ تصاعدت لأعلى وانتشرت. ومع ذلك، لا يبدو أن الشظايا قد نفذت إلى مثل هذه الأعماق. أو أن الجزيئات المسؤولة عن البقع موجودة في شظايا المذنبات في المقام الأول. إننا نعرف من البعثات السوفييتية ڤيجا ـ 1 وڤيجا ـ 2 ومن بعثة جيوتو لوكالة الفضاء الأوروبية ـ وكلها لمذنب هالي ـ إن مذنبات عديدة تصل إلى ربع المذنبات مكونة من جزيئات عضوية معقدة وهي السبب في أن نواة مذنب هالي سوداء فاحمة. وإذا ما اجتازت بعض المواد العضوية المذنبية حوادث التصادم، فإنها تصبح مسؤولة عن تلك البقع. أو أخيرا، قد يرجع وجود هذه البقع إلى مادة عضوية لم تنقل بواسطة شظايا المذنبات الناتجة بفعل التصادم ولكنها تركبت، نتيجة لموجاتها التصادمية، من الغلاف الجوي للمشتري.

لقد شاهدت سبع قارات تصادم شظايا المذنب شوميكر ـ ليڤي ـ 9 مع المشتري. حتى الهواة من الفلكيين، الذين يستخدمون تلسكوبات صغيرة، كان بإمكانهم مشاهدة الذؤابات وما تبعها من تغير في ألوان سحب المريخ وكما يحدث في تغطية فعاليات الألعاب الرياضية من جميع الزوايا عبر كاميرات التلفزيون في الموقع ذاته من أماكن علوية قابلة للتوجيه، قامت ناسا بنشر 6 سفن فضائية عبر أرجاء المنظومة الشمسية ومعها أجهزة رصد مختلفة لتسجيل هذه الأعجوبة الجديدة ـ تلسكوب هابل الفضائي ـ والمستكشف الدولي (Explorer) بالأشعة فوق البنفسجية، والمستكشف النهائي بكل معنى الكلمة بالأشعة فوق البنفسجية في مدار كوكب الأرض، وأوليسيس (Ulysses) ، الذي كان يأخذ وقتا مستقطعا من الخاص للقطب الجنوبي للشمس، والسفينة جاليليو في طريقها لمتابعة المشتري، والسفينة ڤوييجر ـ 2، بعيدا خلف كوكب نبتون في طريقها إلى النجوم. ومادامت تجرى عملية

تجميع البيانات وتحليلها، فإن معرفتنا بالمذنبات والمشتري والتصادمات العنيفة للعوالم ينبغي أن تتحسن بصورة جوهرية.

بالنسبة لكثير من العلماء- وعلى نحو خاص بالنسبة لكارولين ويوچين شوميكر وديڤيد ليڤي- كان هناك شيء مؤثر بشأن شظايا المذنبات في اندفاعها واحدة تلو الأخرى نحو الموت داخل المشتري. لقد عاشت، إذا جاز القول، مع هذا المذنب لمدة 16 شهرا، وراقبت انشطاره، وأجزاءه، التي التفت حولها سحب الغاز، وهي تركض خلف بعضها وتنتشر في مداراتها. وبأسلوبها المحدود تمتلك كل شظية شخصيتها الخاصة. وقد اختفت جميعها الآن في الجزيئات والذرات بالغلاف الجوي العلوي لأكبر كواكب المجموعة الشمسية. إننا، بشكل ما، في حالة حداد عليها. ولكننا نتعلم من تبددها الناري، وربما ينبغي أن نعلم أن هناك مئات التريليونات منها تقبع في تلك الخزانة الشاسعة من العوالم، والتي تتبع الشمس.

هناك حوالي 200 كويكب سيار معروف. وتأخذهم مساراتهم بالقرب من كوكب الأرض. ويطلق عليهم تسمية مناسبة: «الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض». إن ظهورهم على نحو تفصيلي (مثل أبناء عمومتهم بالحزام الرئيسي) يعني بشكل مباشر أنهم نتاج تاريخ تصادمي عنيف. وكثير منهم عبارة عن قطع وبقايا لعوالم صغيرة كانت كبيرة ذات يوم.

ومع استثناءات قليلة، فإن عرض هذه الكويكبات السيارة هو كيلومترات عدة أو أقل، ويستغرق كل منها من سنة إلى عدة سنوات قليلة لاستكمال دورة حول الشمس. وعاجلا أم آجلا، من المحتمل أن يصطدم 20٪ منها بكوكب الأرض محدثا نتائج تدميرية. (ولكن جملة «عاجلا أم آجلا» في علم الفلك يمكن أن تعني بلايين السنين). إن تأكيد شيشرون أن «لاشيء يحدث بمحض الخطأ أو المصادفة» في تلك السماء المرتبة والدائمة هو قول ينم عن سوء فهم عميق. وحتى في أيامنا هذه، وكما يذكرنا لقاء المذنب شوميكر - ليڤي بكوكب المشتري غير المتوقع، هناك عنف روتيني بين الكواكب وإن كان لا يسير على المقياس نفسه الذي كان يعد من معالم التاريخ المبكر للمنظومة الشمسية.

ومثلها مثل الكويكبات السيارة بالحزام الرئيسي، تتكون الكويكبات السيارة القريبة من الأرض من الصخور. وقليل منها معدني. وقد اقترح أن

مكافآت ضخمة قد تصاحب تحريك كويكب سيار من الكويكبات المعدنية إلى مدار حول كوكب الأرض لاستخراج معادنه بطريقة ما- إنه جبل من مادة خام عالية الرتبة يمتد مئات عدة من الأميال فوق رؤوسنا. إن قيمة معادن مجموعة البلاتينيوم وحدها في أحد هذه العوالم تقدر بعديد من التريليونات من الدولارات- على الرغم من أن سعر الوحدة يمكن أن يهبط لدرجة كبيرة إذا ما توافرت هذه المواد على نطاق واسع. وتجري الآن دراسة أساليب استخراج الفلزات والمعادن من الكويكبات السيارة الملائمة، ويقوم بمثل هذه الدراسات، على سبيل المثال، جون لويس، أحد علماء الكواكب بجامعة الأريزونا.

بعض الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض غنية بالمادة العضوية وقد حفظت من باكورة المنظومة الشمسية. وقد اكتشف ستيڤن اوسترو، بمختبر الدفع النفثي، أن بعضها يكون مزدوجا، أي عبارة عن جسمين متلامسين. وربما كان أحد العوالم الكبيرة التي تحطمت إلى عالمين عند مروره خلال تيارات جاذبية قوية لكوكب مثل المشتري، وربما يكون الأكثر مدعاة للاهتمام هو احتمال تصادم اثنين من العوالم في مدارات متشابهة، تصادما مباغتا رقيقا ثم التصاقهما. ويمكن أن تكون هذه العملية مفتاحا لبنية الكواكب والأرض. إن الكويكب السيار، إيدا، على الأقل (كما شاهدته السفينة جاليليو) يمتلك قمرا صغيرا. ويمكننا أن نخمن بأن كل كويكبين سيارين متلامسان، وكل كويكبين سيارين يدوران في مدارين حول بعضهما البعض، ينحدران من أصول ذات قرابة.

ونسمع أحيانا عن كويكب سيار يحقق «تلامسا قريبا» (لماذا نسميه «تلامسا قريبا»؟ إنه «اصطدام قريب»- وهو ما نعنيه حقا). ولكن عندئذ نقرأ بحرص أشد قليلا، ويتضح أن أكثر اقتراب له من كوكب الأرض كان مئات عدة من الآلاف أو الملايين من الكيلومترات. إن هذا لم يؤخذ بعين الاعتبار- إنها مسافة بعيدة جدا، أبعد حتى من القمر. وإذا كانت لدينا قائمة تفصيلية بكل الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض، بما في ذلك ما يقل عن كيلومتر واحد، لأمكننا عندئذ أن نحدد مداراتها في المستقبل ونتوقع احتمالات الخطر القادم من أي منها، وهناك تقدير بأن 2000 منها يزيد عرضها عن كيلومتر واحد، وقد رصدنا منها بالفعل نسبة مئوية قليلة،

وربما هناك 200 ألف يزيد قطرها عن مائة متر.

وللكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض أسماء أسطورية مثيرة للذكريات: أورفيوس، هاتور، إيكاروس، أدونيس، أبوللو، سيربيروس، خوفو، أمور، تانتالوس أتن، ميداس، راشالوم، فايثون، توتاتيس، كويتز الكوتل. وللقليل منها إمكان استكشافية خاصة- مثل نيروس. وبشكل عام، فالسفر إلى الكويكبات السيارة القريبة من الأرض والعودة منها أسهل كثيرا من السفر إلى القمر. إن نيروس، وهو عالم صغير يبلغ عرضة حوالي كيلومتر، يعد واحدا من الكويكبات السيارة التي يسهل ارتيادها [2]. وسيصبح الأمر استكشافا لعالم جديد بحق.

إن بعض البشر (كلهم من الاتحاد السوفييتي السابق) مكثوا في الفضاء فترات أطول من مجمل زمن الرحلة الكاملة إلى نيروس. كما أن تكنولوجيا الصواريخ اللازمة لهذه الرحلة موجودة بالفعل. إنها خطوة أقل كثيرا من الرحلة إلى المريخ، أو حتيـ من نواح عديدةـ من رحلة العودة إلى القمر، فإذا ما حدث شيء خاطئ، سنصبح عاجزين عن العودة بسرعة إلى الوطن وبأمان في غضون أيام قليلة فقط. وفي هذا الصدد، فإن مستوى صعوبة هذه الرحلة يقع بين صعوبة الرحلة إلى المريخ والرحلة إلى القمر.

ومن بين المهمات المستقبلية الممكنة إلى نيروس، هناك مهمة تستغرق عشرة شهور للوصول إليه، انطلاقا من كوكب الأرض، وتمضية 30 يوما هناك. وتحتاج رحلة العودة للوطن إلى ثلاثة أسابيع فقط. إن بإمكاننا أن نزور نيروس بالروبوت، أوـ إذا ما كنا أهلا لذلكـ عن طريق البشر. كما يمكننا أن ندرس شكل هذا العالم الصغير ومكوناته وجوفه وتاريخه القديم، وكيمياءه العضوية، وتطوره الكوني ورابطته المحتملة بالمذنبات. كما يمكننا أيضا أن نجلب عينات إلى كوكب الأرض لدراستها على مهل في المعامل الأرضية. ويمكننا أن نعرف ما إذا كان الكويكب يحتوي على موارد قيمة تجارياـ فلزات أو معادن. وإذا كان في نيتنا إرسال بشر إلى كوكب المريخ، فإن الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض تمثل بالنسبة لنا هدفا وسطيا مناسباـ لاختبار الأدوات والبروتوكولات الاستكشافية عندما ندرس هذا العالم الصغير غير المعروف بالكامل. وها هي طريقة مفيدة عندما نصبح مستعدين للدخول مرة أخرى في المحيط الكوني.

18 مستنقع كامارينا

كانت كامارينا مدينة تقع جنوب صقلية، أسسها مستعمرون من سيراكوز العام 598 قبل الميلاد. وبعد مرور جيل أوجيلين، تعرضت لتهديد وباء- يقول البعض إن رائحته فاحت في المستنقع القريب. (وفي حين كانت النظرية الجرثومية للأمراض غيرمقبولة على نطاق واسع، دون شك، في العالم القديم، فقد كانت هناك إشارات إليها- فعلى سبيل المثال نصح ماركوس ڤارو في القرن الأول قبل الميلاد على نحو واضح بعدم بناء المدن بالقرب من المستنقعات «نظرا لأنها موطن بعض الكائنات الدقيقة التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، والتي تطفو وتسبح في الهواء وتدخل الجسم عن طريق الفم والأنف وتسبب الأمراض الخطيرة»). لقد تعرضت كامارينا لخطر كبير. ورسمت الخطط لتجفيف المستنقع. ولكن هاتف الوحي، عند استشارته، منع قيام مثل هذا العمل ونصح بالتحلي بالصبر. ولكن الأرواح كانت في خطر، وتجاهل الجميع نصائح هاتف الوحي، وجُفف المستنقع. وسرعان ما توقف الوباء. وأدرك الجميع، بعد مرور فترة طويلة، أن المستنقع حمى المدينة من أعدائها- ومن بينهم من يعتبرون الآن أبناء عمومتهم. السيراكوزيون. وكما حدث في

لقد فات أوان إجراء أي تحسينات. فقد انتهى صنع الكون، ووضع الحجر النهائي، ونقلت الرقائق الخشبية للأسطح منذ مليون سنة.

هيرمان ميلفيل، موبي ديك

أمريكا بعد ذلك بـ2300 سنة، تشاجر المستعمرون مع أبناء الوطن الأم. وفي العام 552 قبل الميلاد، عبرت قوة من سيراكوز الأراضي الجافة، موقع المستنقع السابق، وقاموا بذبح كل رجل، وكل امرأة، وكل طفل، ومحوا وجود المدينة. وأصبح مستنقع كامارينا مثلا يطلق على التخلص من الخطر بأسلوب يؤذن بخطر آخر أكثر سوءا.

إن التصادم (أو التصادماتـ فربما كانت متعددة) الذي حدث خلال الفترة الممتدة من العصر الطباشيري إلى العصر الثلاثي (الترياسي) تلقي الضوء على المخاطر الناجمة عن الكويكبات السيارة والمذنبات. فنتيجة لذلك، أدت النيران المدمرة، على النطاق العالمي، إلى إحراق الحياة النباتية محولة إياها إلى هشيم في جميع أنحاء الكوكب، وأدت سحابة ترابية في طبقة الستراتوسفير إلى إظلام السماء حتى أن النباتات الحية واجهت مشكلة في استمرار بقائها عن طريق عملية التمثيل الضوئي، وسادت في جميع أنحاء العالم درجات حرارة مجمدة، وأمطار غزيرة جارفة من الأحماض الكاوية؛ وواجهت طبقة الأوزون استنزافا ضخما، وصل إلى استنفادها مما تسبب في امتداد مفعول الدفيئة، وكانت الخاتمة ارتفاع في درجة الحرارة لفترة طويلة، بعد ما عالج كوكب الأرض نفسه من هذه الهجمات (ذلك أن التصادم الرئيسي قد أدى، كما يبدو، إلى تطاير طبقة عميقة من الكربونات الرسوبية، وامتلأ الهواء بكميات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون). لم تكن كارثة واحدة، وإنما مجموعة من الكوارث، إنها سلسلة من الرعب. فالكائنات الحية التي شابها الضعف من جراء كارثة واحدة، انتهت تماما مع الكارثة التالية. ومن المشكوك فيه تماما أن حضارتنا سوف تبقى على وجه الأرض في حالة حدوث تصادم أقل فعالية من ذلك بكثير.

ومادام هناك عدد من الكويكبات السيارة الصغيرة أكبر بكثير من الكويكبات الكبيرة، فإن التصادمات العادية أو المتوسطة بكوكب الأرض ستجري عن طريق الصغير منها. ولكن، كلما طال استعدادك للانتظار زاد حجم الدمار الذي تتوقعه والناجم عن التصادم. وفي المتوسط، يصطدم بكوكب الأرض، مرة كل مئات عدة من السنوات، جسم يصل قطره إلى 70 مترا، وتعادل الطاقة المنطلقة الناتجة انفجار أضخم الأسلحة النووية المعروفة. كما يصطدم بكوكب الأرض، كل 10 آلاف سنة، جسم يصل

قطره إلى 200 متر، يمكن أن يتسبب في آثار مناخية إقليمية خطيرة. كما أن اصطداما، كل مليون سنة، عن طريق جسم يزيد قطره عن 2 كيلو مترا، يعادل تقريبا مليون ميجا طن من مادة ت. ن. ت (TNT)ـ وهو انفجار يؤدي إلى كارثة عالمية، وإلى قتل جزء كبير من الجنس البشري (ما لم نتخذ احتياطات مسبقة). إن مليون ميجا طن من مادة ت. ن. ت تعادل مائة ضعف من الانفجار الناتج عن كل الأسلحة النووية الموجودة على الكوكب، إذا ما فجرت جميعها في وقت واحد، ويتضاءل حتى هذا إلى جانب ما يحدث مرة كل مائة مليون سنة أو نحو ذلك، إذ يمكنك المراهنة على شيء يماثل الواقعة التي حدثت خلال الفترة المحددة من العصر الطباشيري إلى العصر الثلاثي، أي اصطدام أحد العوالم التي يبلغ قطرها 10 كيلومترات أو أكبر بالأرض إن الطاقة التدميرية الكامنة في كويكب سيار قريب من كوكب الأرض تجعل من أي شيء يمكن أن يضع النوع الإنساني يده عليه قزما صغيرا.

غير أنه وكما أوضح لأول مرة عالم الكواكب الأمريكي كريستوفر شيبا وزملاؤه فإن كويكبات سيارة صغيرة أو مذنبات، يبلغ عرض كل منها عشرات قليلة من الأمتار تتفتت وتحترق وهي تدخل غلافنا الجوي. وهي تصل إلينا غالبا ولكنها لا تحدث بالمقارنة أضرارا ذات دلالة. وقد أمكن الكشف عن بعض الأمور المتعلقة بمدى تكرار دخول هذه الأجسام إلى الغلاف الجوي لكوكب الأرض، وذلك عن طريقة بعض بيانات إدارة الدفاع والتي أمكن الحصول عليها من أقمار صناعية خاصة تراقب كوكب الأرض من أجل الانفجارات النووية السرية. ويبدو أن مئات من العوالم الصغيرة (وعلى الأقل جسم واحد أكبر) اصطدمت بالكواكب في العشرين سنة الأخيرة، وهي لم تحدث أضرارا، ولكننا نحتاج للتأكد من إمكان التمييز بين المذنبات أو الكويكبات السيارة الصغيرة المتصادمة وبين الانفجارات النووية الجوية. إن التصادمات التي تهدد الحضارة تحتاج إلى أجسام يصل قطر كل منها إلى مئات عدة من الأمتار أو أكثر (المتر حوالي ياردة، والـ100 متر تعادل تقريبا طول ملعب كرة القدم). وتصل هذه الأجسام إلينا مرة تقريبا كل 200 ألف سنة. ونظرا لأن عمر حضارتنا يبلغ حوالي 10 آلاف سنة، فليس لدينا ذاكرة مؤسساتية عن آخر هذه التصادمات.

إن سلسلة الانفجارات النارية للمذنب شوميكر- ليڤي-9 على المريخ في يوليو 1994 تذكرنا بأن مثل هذه التصادمات تحدث بالفعل في عصرنا- وأن تصادم جسم يبلغ قطره كيلومترات عدة يمكن أن يؤدي إلى انتشار ركام من الصخور على مساحة كبيرة تصل إلى مساحة كوكب الأرض. لقد كان هذا التصادم بمنزلة النذير.

وفي أسبوع تصادم المذنب شوميكر- ليڤي ذاته، قامت لجنتا العلم والفضاء التابعة لمجلس النواب بالولايات المتحدة بصياغة تشريع يطالب ناسا «بالتنسيق مع إدرة الدفاع ووكالات الفضاء بالبلدان الأخرى» لتعيين هوية وتحديد الخصائص المدارية لجميع «المذنبات والكويكبات السيارة التي يزيد قطر كل منها عن كيلومتر واحد» وتقترب من كوكب الأرض. وسيتم استكمال هذا العمل مع حلول العام 2005. وقد ناصر كثير من علماء الكواكب هذا البرنامج البحثي، الذي اتخذ من آلام احتضار المذنب نقطة انطلاق نحو التنفيذ العملي.

ولا تبدو مخاطر اصطدام الكويكبات السيارة مثيرة للقلق بشدة طوال فترة الانتظار.

ولكن إن حدث تصادم كبير فقد يمثل كارثة بشرية غير مسبوقة. وهناك شيء يماثل فرصة واحدة في الألفين أن يحدث مثل هذا التصادم في فترة حياة طفل حديث الولادة. ولن يطير أغلبنا في طائرة إذا ما كانت فرصة حدوث تصادم تعادل واحدا في الألفين. (وبالنسبة للطيران التجاري، تمثل الفرصة واحدا في كل مليونين وحتى مع ذلك، يعتبر كثيرون أن هذه المسألة تثير القلق، أو حتى تتطلب إجراءات تأمين على الحياة) وعندما تتعرض حياتنا للخطر، فإننا في الغالب نغير سلوكنا لتدبير ميزات أكثر ملاءمة. أما الذين لن يفعلوا، فلن يكونوا معنا.

ربما ينبغي علينا أن نتدرب على التأثير في هذه العوالم الصغيرة والعمل على تغيير مساراتها تحسبا للضرورة، وعلى الرغم من كلمات ميلڤيل فقد تركت بعض أمور الابتكار الصغيرة، ونحن بوضوح في حاجة إلى إجراء تحسينات. وعلى مسارات متوازية، وإن كانت ضعيفة التفاعل فيما بينها، فإن جمعية علوم الكواكب ومختبرات الأسلحة النووية بالولايات المتحدة وروسيا، المطلعة على السيناريوهات السابقة لاتزال تلاحق التساؤلات التالية:

كيف يمكن مراقبة كل الأجرام الواقعة بين الكواكب والقريبة من كوكب الأرض وذات الأحجام المختلفة، وكيف نميز طبيعتها الفيزيائية والكيميائية، وكيف يمكن التنبؤ باحتمالات تصادم أي منها مع كوكب الأرض في المستقبل، وأخيرا: كيف نمنع حدوث هذا التصادم؟

ومنذ قرن مضى، ناقش الرائد الروسي، في مجال الطيران الفضائي، قسطنطين تسيولكوفسكي، مسألة ضرورة وجود أجسام متوسطة الحجم، بين الكويكبات السيارة القريبة التي تجري مراقبتها وبين شظايا الكويكبات السيارة والنيازك، تسقط بين الفينة والفينة على كوكب الأرض. وقد كتب عن الحياة على الكويكبات السيارة الصغيرة الموجودة في الفضاء الواقع بين الكواكب. لم يكن يدور بمخيلته أي تطبيقات عسكرية. ومع ذلك، جادل البعض بمؤسسة السلاح بالولايات المتحدة، في باكورة أعوام الثمانينيات، أن السوفييت يمكن أن يستخدموا الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض كأسلحة في الهجمة الأولى، وكانت الخطة المزعومة تسمى «شاكوش ريفا». وظهرت الحاجة إلى ابتداع إجراءات مضادة. وفي الوقت نفسه اقترحت فكرةـ وقد لا تكون فكرة سيئةـ استخدام الولايات المتحدة لهذه العوالم الصغيرة كأسلحة لها. إن منظمة دفاع الصواريخ البالستية، التابعة لإدارة الدفاعـ وهي خليفة مكتب حرب النجوم في الثمانينياتـ أطلقت سفينة فضاء مبتكرة تسمى كليمنتاين كي تدور في مدار حول القمر وتحلق بالقرب من الكويكب السيار جيوجرافوس القريب من كوكب الأرض. (ولكن سفينة الفضاء أخفقت قبل أن تصل إلى جيوجرافوس، بعد استكمال استطلاع رائع للقمر في مايو 1994).

يمكن، من حيث المبدأ، استخدام ماكينات صاروخية كبيرة، أو تصادم قذفي، أو تزويد الكويكب السيار بلوحات عاكسة عملاقة ودفعها بضوء الشمس أو شعاع ليزر قوي من كوكب الأرض. ولكن، مع التكنولوجيا القائمة حاليا، لا يوجد سوى طريقين. الطريق الأول هو استخدام سلاح نووي أو أكثر من الأسلحة النووية المتقدمة في تدمير الكويكب السيار أو المذنب إلى شظايا قادرة على التفكك والتحول إلى ذرات عند دخولها إلى الغلاف الجوي لكوكب الأرض. وإذا كان الجسم المقصود ذا تماسك ضعيف فربما تكفي مئات فحسب من الميجا طن. ومادام لا يوجد حد أقصى نظري للناتج

التفجيري للسلاح النووي الحراري، فيبدو أنه يوجد البعض في مختبرات الأسلحة هذه يعتبرون أن صنع القنابل الكبيرة لا يمثل تحديا محفزا فحسب، وإنما أيضا طريقة لتخفيف أصوات أنصار البيئة المزعجين عن طريق تأمين مقعد للأسلحة النووية من مقاعد موكب حماية كوكب الأرض وإنقاذه.

وهناك نهج آخر، يحظى بمناقشة أكثر جدية، ويعد أقل إثارة ولكنه يظل طريقة فعالة للحفاظ على مؤسسة السلاح. إنه خطة لتغيير مدار أي من العوالم الصغيرة الهائمة، وذلك عن طريق تفجير أسلحة نووية بالقرب منه والانفجارات (والتي بشكل عام بالقرب من أقرب نقطة من نقاط بعد الكويكب السيار عن الشمس) منظمة لجعله ينحرف بعيدا عن كوكب الأرض [1]. إن إطلاق أسلحة نووية قليلة ذات قدرة محدودة يعطى كل منها دفعة صغيرة في الاتجاه المطلوب، تكفي لحرف كويكب سيار متوسط الحجم، مع تحذير قبل أسابيع قليلة فحسب. ومن المأمول أيضا أن تتيح هذه الطريقة أسلوبا للتعامل طويل الدورة يتم اكتشافه فجأة على مسار تصادمي وشيك مع كوكب الأرض: ويعترض كويكب سيار صغير طريق المذنب (ولا حاجة لنا للقول أن لعبة البلياردو السماوية هذه شديدة الصعوبة وغير يقينية النتائج. ومن ثم فهي عملية بدرجة أقل في المستقبل القريب. بدرجة أكبر من تحويل كويكب سيار إلى مدار معروف وحسن السلوك وتحت تصرفنا لشهور أو أعوام).

نحن لا نعرف ما هي نتيجة أي انفجار نووي بالنسبة لأي كويكب سيار؟. وتختلف الإجابة من كويكب سيار لآخر. فبعض العوالم الصغيرة قد يكون قوي التماسك، والبعض الآخر قد يكون أكثر قليلا من أكوام من الحصى ذاتية الجاذبية. فإذا ما أدى أي انفجار إلى تحطيم كويكب سيار، قطره 10 كيلومترات، إلى مئات من الشظايا، قطر كل منها كيلومتر واحد، فهناك احتمال قوي ربما يتزايد وهو أن يصطدم إحداها على الأقل بكوكب الأرض، وقد يصب تقليص الآثار العجيبة الناجمة. ومن الناحية الأخرى، إذا أدى الانفجار إلى تفتيت الكويكب السيار إلى مجموعة من الأجسام قطر كل منها مئة متر أو أقل فإنها تختفي بعيدا مثل النيازك العملاقة عند دخولها الغلاف الجوي لكوكب الأرض. وفي هذه الحالة ستتضاءل الأضرار الناجمة عن التصادم. وحتى إذا ما انسحق الكويكب السيار بالكامل إلى بودرة

دقيقة، فإن طبقة الغبار المرتفعة الناجمة يمكن أن تصبح معتمة بحيث تحجب ضوء الشمس وتغير المناخ. إننا حتى الآن لا نعرف ما هي النتيجة؟

لقد طرحت رؤية عن عشرات أو مئات الصواريخ المسلحة نوويا التي تقف في وضع استعداد للتعامل مع ما يتهددنا من كويكبات سيارة أو مذنبات. وهو أمر يبدو مألوفا على الرغم من أنه لم يصل بعد إلى طور النضج. فالعدو هو ما تغير فحسب ومع ذلك تبدو المسألة شديدة الخطورة.

وتكمن المشكلة، في رأيي ورأي سيڤن أوسترو بمختبر الدفع النفثي، في أننا إذا كنا قادرين على تحريف بثقة مسار أحد العوالم التي تتهددنا بحيث لا يتصادم مع كوكب الأرض، إذن يمكننا أيضا أن نحرف بثقة مسار أحد العوالم غير الضارة بحيث يصطدم بالفعل بكوكب الأرض. نفترض أن لدينا بيانا مفصلا كاملا لما يقدر بـ300 ألف كويكب سيار تدور في مداراتها بالقرب من كوكب الأرض، قطر كل منها يزيد عن مئة متر كل منها كبير بدرجة تكفي إلى إحداث نتائج خطيرة عن اصطدامه بكوكب الأرض. ويتضح بعد ذلك أن لدينا قائمة بعدد ضخم من الكويكبات السيارة غير المؤذية التي أمكن تغيير مداراتها نتيجة للرؤوس النووية، بحيث سرعان ما ستصطدم بكوكب الأرض.

ولنفترض أننا نقصر اهتمامنا على الـ2000، أو نحو ذلك، من الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض، والتي يصل قطر كل منها إلى كيلومتر أو أكبر- أي الكويكبات السيارة التي من المرجح أن تسبب كارثة عالمية. واليوم، مع وجود حوالي 100 فقط من مثل هذه الأحجام الواردة بالكتالوجات، سوف يستغرق الأمر حوالي القرن للإمساك بأحدها وتغيير مساره. ونحن نعتقد أننا وجدنا أحد هذه الكويكبات السيارة، ولكنها لم يسمّ بعد [2]، وإن كان رمزه 1991 OA . في العام 2070، فإن هذا العالم الذي يصل قطره إلى كيلومتر واحد تقريبا- سوف يبعد عن مدار كوكب الأرض بحوالي 4,5 مليون كيلومتر- أي قدر المسافة إلى القمر 15 مرة فقط ومن أجل تغيير مسار 1991 OA بحيث يصطدم بكوكب الأرض، هناك حاجة إلى تفجير ما يقرب من 60 ميجا طن من معادلات مادة ت. ن. تـ أي ما يعادل عددا صغيرا من الرؤوس النووية المتاحة حاليا.

تخيل الآن ذلك الوقت، بعد عقود عدة من الآن عندما تصبح جميع

الكويكبات السيارة القريبة هذه لها بيانات مفصلة ومداراتها مصنفة. وعندئذ كما أوضحنا أنا، وآلان هاريس بمختبر الدفع النفثي، وجريج كاناڤان بالمعمل القومي في لوس ألاموس، وأوسترو- فإن الأمر قد يستغرق عاما واحدا فقط لاختيار جسم مناسب وتغيير مداره وإرساله للاصطدام بالأرض بفعل مؤثر مفاجئ وعنيف.

والتكنولوجيا المطلوبة هي: تلسكوبات ضوئية ضخمة، وأدوات استكشاف دقيقة، وأنظمة قذف صاروخية قادرة على رفع أطنان عدة من حمولات الشحنات المتفجرة، فضلا عن تدبير موعد دقيق في الفضاء القريب، وأسلحة نووية حرارية- وكلها أشياء موجودة الآن. ومن المتوقع إجراء تحسينات في كل تلك الأشياء تقريبا، وإن كان لابد من إجراء تحسينات في الأسلحة النووية الحرارية بلا تردد. وإذا لم نتوخ الحرص، فإن بإمكان العديد من الأمم أن تمتلك هذه الإمكانات خلال العقود القليلة. ترى، ما نوع العالم الذي سنكون قد صنعناه عندئذ؟.

إننا نميل إلى تقليص مخاطر التكنولوجيات الجديدة. وقبل كارثة تشيرنوبل بعام واحد، كان هناك سؤال موجه إلى نائب وزير صناعة القوة النووية حول مدى أمان المفاعلات السوڤييتية، وقد اختار تشيرنوبل كموقع آمن بشكل واضح. إن متوسط فترة انتظار الكارثة، التي قدرها بثقة كانت 100 ألف سنة. وبعد مرور فترة تقل عن عام واحد من هذا الحديث... حدثت الكارثة. وقد قدم المسؤولون في ناسا تأكيدات مماثلة قبل كارثة تشالنجر بعام واحد أيضا: عليك أن تنتظر عشرة آلاف سنة ـ هكذا كان تقديرهم ـ حتى يفشل المكوك. وبعد مرور عام... حدثت الكارثة.

إن مادة الكلوروفلوروكربون طورت، على نحو خاص، كمادة مبردة آمنة بالكامل ـ لتحل محل الأمونيا وغيرها من المبردات الأخرى التي تسببت، عند تسربها، في أمراض عدة، فضلا عن بعض الوفيات. إنها مادة خاملة كيميائيا وغير سامة (في التركيزات العادية)، وبلا رائحة، ولا طعم، ولا تثير الحساسية، وغير قابلة للاشتعال. ومن هنا فإن مادة الكلوروفلوروكربون تمثل حلا تقنيا رائعا للمشكلة العلمية المحددة على نحو جيد، ولقد وجدوا لها أيضا استخدامات عدة أخرى إلى جانب التبريد والتكييف الهوائي. ولكن، كما شرحت من قبل فإن الكيميائيين الذين أهملوا حقيقة واحدة

جوهرية ـ أن خمول الجزيئات ذاته يضمن أن تصل إلى طبقات الغلاف الجوي العليا، وهناك، وبفعل ضوء الشمس، تؤدي إلى إطلاق ذرات الكلور التي تهاجم عندئذ طبقة الأوزون الواقية وكان من الممكن، نتيجة لجهود بعض العلماء، التعرف على الأخطار وتجنبها في الوقت المناسب. لقد أوقفنا نحن البشر إنتاج مادة الكلوروفلوروكربون الآن. ولكننا لن نعرف بالفعل ما إذا كنا قد تجنبنا الضرر الحقيقي لمدة قرن تقريبا، فهذه هي المدة التي يستغرقها اكتمال الضرر الناجم عن الكلوروفلوروكربون. ومثل أهل كامارينا القدماء، فقد اقترفنا أخطاء [3]. ولا يتعلق الأمر فحسب بأننا نتجاهل في الغالب تحذيرات الحكماء بل إننا حتى لا نستشيرهم.

لقد اتضح أن تحريك الكويكبات السيارة إلى مدار كوكب الأرض فكرة جذابة لدى بعض علماء الفضاء وواضعي الخطط بعيدة المدى. إنهم يتنبأون باستخراج المعادن والفلزات الثمينة من هذه العوالم، أو توفير الموارد اللازمة لبناء البنية الأساسية الفضائية دونما حاجة إلى مقاومة جاذبية الأرض للخروج بها إلى هناك. وقد نشرت مقالات حول كيفية إنجاز هذا الهدف، وما سوف يحققه من فوائد. ويدور في النقاشات الحديثة ما يلي: يتم إدخال الكويكب السيار إلى مدار حول كوكب الأرض، وذلك بأن يمر خلال المدار في البداية ثم يعوقه الغلاف الجوي لكوكب الأرضـ وهي مناورة ذات هامش ضئيل من الخطأ. أما بالنسبة للمستقبل القريب، فيمكننا، كما أعتقد، أن هذه المناورة بكاملها خطرة بصورة غير عادية ومتهورة وخاصة بالنسبة للعوالم الصغيرة المعدنية الأكبر حجما من عشرات من الأمتار من حيث القطر وهذا هو النشاط الوحيد الذي يمكن فيه لأي خطأ في الملاحة أو الدفع أو في تصميم المهمة أن يؤدي إلى تبعات كاسحة وكارثية.

ما سبق هي أمثلة عن أخطاء ناجمة عن إهمال. ولكن هناك نوعا آخر من الأخطاء: يقال لنا أحيانا إن هذا الاختراع أو ذاك لن يُساء استخدامه. ولا يوجد شخص سليم العقل متهور على هذا النحو. إنها حجة «المجانين فقط. وأينما أسمع هذه الحجة (وهي غالبا ما تطرح في مثل هذه المناقشات)، فإنني أتذكر أن المجانين موجودون بالفعل، وفي بعض الأحيان يصلون إلى أعلى مستويات السلطة السياسية في الأمم الصناعية الحديثة. هذا هو قرن هتلر وستالين، الطاغيتان اللذان عرضا العائلة الإنسانية وشعبهما إلى

خطر ماحق. ففي شتاء وربيع العام 1945، أصدر هتلر أوامره بتدمير ألمانيا- تدمير حتى «ما يحتاجه الناس للبقاء»- ذلك أن الألمان الأحياء قد «خانوه»، وكان عددهم على أي حال «أدنى منزلة من الذين ماتوا بالفعل» ولو أن هتلر كان يمتلك أسلحة نووية، كي يهدد بضربة مضادة لأسلحة الحلفاء النووية إذا ما وجدت، لما أثناه شيء عن ذلك. بل لأصبحت هذه الأسلحة بمنزلة تشجيع له.

هل يمكن الوثوق بنا نحن البشر فيما يتعلق بالتكنولوجيا التي تهدد الحضارة؟ وإذا كان إمكان فناء كثير من البشر في القرن القادم، بفعل تصادم بكوكب سيار، تمثل واحدا في الألف، أليس من المرجح أن التكنولوجيا الخاصة بحرف مسار الكويكب السيار ستصل للأيدي الخطأ في قرن آخر- بعض السيكوباتيين كارهي البشر مثل هتلر أو ستالين، يتوقون إلى القتل، أو شخص مصاب بجنون العظمة يتطلع إلى «العظمة» و«المجد»، أو ضحية للعنف العرقي يميل إلى الانتقام، أو شخص ما يقع تحت سيطرة تسمم حاد غير عادي من هرمون التستوستيرون، أو بعض العناصر المتعصبة دينيا والتي تتعجل يوم الحساب، أو حتى بعض التقنيين غير الأكفاء أو قليلي الحذر في معالجة الضوابط والأدوات الواقية من الخطر؟ مثل هؤلاء الناس موجودون. والمخاطر تبدو أسوأ بكثير من الفوائد. والعلاج أسوأ من المرض. إن السحابة التي تشق من خلالها الكويكبات السيارة، القريبة من كوكب الأرض، الطريق إلينا، يمكن أن تكون بمنزلة مستنقع كامارينا حديث.

ومن السهل الاعتقاد بأن كل ذلك يصعب تحقيقه، وأنه مجرد نوع من الخيال المثير. فالعقول المتزنة سوف تسود دون شك. ولنفكر في أعداد الناس المنخرطين في إعداد وإطلاق الرؤوس الحربية، والملاحة في الفضاء والإعلان عن الرؤوس الحربية، وفي فحص الاضطرابات المدارية التي تنجم عن كل انفجار نووي، وفي تحريك الكوكب السيار حتى يصل لمسار تصادمي مع كوكب الأرض... وهلم جرا. أليس جديرا بالذكر أن هتلر، على الرغم من أنه أعطى أوامره لقوات النازي المنسحبة بإحراق باريس وإلحاق الخراب بألمانيا ذاتها، فإن أوامره لم تنفذ! وبالتأكيد سوف يدرك شخص ما ذو دور أساسي في نجاح مهمة حرف الكويكب، الخطر وحتى التأكيدات بأن المشروع معد لتدمير أمة عدوة وضيعة ربما لن يصدقه أحد، لأن آثار

الاصطدام ستنتشر على نطاق الكوكب كله. (وعلى أي حال، يصعب التأكد من أن الكويكب السيار سوف يحفر فوهة ضخمة على أمة بعينها).

ولكن تخيل الآن دولة شمولية لا تجتاحها قوات عدوة، وأنها دولة مزدهرة واثقة بنفسها. وتخيل وجود تقليد تتم بمقتضاه إطاعة الأوامر دونما نقاش. وتخيل أن أولئك المنخرطين في العملية زودوا بتغطية للحدث: الكويكب السيار على وشك أن يصطدم بكوكب الأرض، وأن مهمتهم تكمن في حرف مساره. ولكن العملية يجب أن تتم سرا، حتى لايقلق الناس دون داع. وفي ظل وضع عسكري مصحوب بمراتبية إصدار الأوامر الحازمة وتجزؤ المعرفة، والسرية الكاملة وتغطية الحدث... هل يمكن أن نثق في عدم طاعة الأوامر؟ هل نثق بالفعل في أن شيئا مثل هذا يمكن أن يحدث في العقود أو القرون أو الألفيات القادمة؟ ما مدى ثقتنا؟

ومن نافلة القول إن كل التكنولوجيات يمكن استخدامها في مجالات الخير أو مجالات الشر. وهذا صحيح بالتأكيد. ولكن، عندما يتحقق «الشر» بمقياس مروِّع يتأتى علينا عندئذ أن نضع حدودا لتطوير التكنولوجيا. (ونحن نفعل ذلك، بشكل ما، على الدوام، لأننا لا نقدر على تطوير جميع أنواع التكنولوجيا. فالبعض منها مفضل والبعض الآخر غير مفضل). أم ينبغي أن يفرض مجتمع الأمم قيودا على المجانين، وأصحاب الحكم الفردي المطلق، والمتعصبين.

إن اقتفاء الكويكبات السيارة والمذنبات عمل حكيم، إنه علم صحيح ولا يكلف كثيرا. ولكن، مع معرفة جوانب ضعفنا، لماذا ننظر الآن بعين الاعتبار في مجال تطوير تكنولوجيا حرف مسارات العوالم الصغيرة؟ هل نتخيل أن وجود هذه التكنولوجيا في حوزة أمم عديدة من أجل تحقيق الأمان، توفر كل منها الضوابط والتوازنات ضد سوء الاستخدام من جانب الأمم الأخرى؟ إنه شيء يختلف عن التوازن الناتج عن الرعب النووي القديم. إنه بصعوبة يمنع نوايا رجل مخبول بشأن كارثة عالمية لمعرفة أنه إن لم يكن متعجلا في تحقيقها فإن خصما قد يدفعه إلى إحداثها. ما مدى ثقتنا في أن مجتمع الأمم سيقدر على اكتشاف الانحراف المُصمم بمهارة للكويكب السيار في الوقت المناسب كي نفعل شيئا حياله؟ وإذا ما طورت مثل هذه التكنولوجيا، فهل يمكن التفكير في إجراءات وقائية على المستوى الدولي يمكن الاعتماد

عليها في مواجهة هذا الخطر؟

وحتى إذا ما اقتصرنا على عملية الاستطلاع فقط، فلا يزال هناك خطر كامن. تخيل أننا خلال إحدى الأجيال استطعنا تحديد مدارات 30 ألف جسم، قطر كل منها 100متر أو أكثر، وأن هذه المعلومات سيتم، بطبيعة الحال، نشرها، كما ينبغي أن يحدث. عندئذ سيجرى نشر الخرائط التي توضح الفضاء الأسود القريب من كوكب الأرض والذي تبدو فيه مدارات الكويكبات السيارة والمذنبات، أي أن 300 ألف سيفا من سيوف ديموقليطس معلقة فوق رؤوسنا ـ 10 مرات أكبر من عدد النجوم المرئية للعين المجردة في ظل أفضل ظروف الوضوح الجوي. إن القلق العام في عصر معرفة كتلك قد يكون أشد بكثير من قلق عصرنا الحالي، الجاهل بها قد يوجد ضغط جماهيري لا يقاوم من أجل تطوير وسيلة للتخفيف من حدة التهديدات، حتى غير الموجود منها؛ وهو الأمر الذي يمكن أن يُغذي الإحساس بالخطر من أن تكنولوجيا تحويل المسار قد يساء استخدامها. ولهذا السبب، فإن اكتشاف واستطلاع الكويكب السيار يمكن ألا يكون مجرد أداة محايدة للسياسة في المستقبل، وإنما بالأحرى شَرَكا عابثا. وفي رأيي أن الحل الوحيد المتوقع هو توليفة من تقدير دقيق للمدار، وتقييم واقعي للتهديد، وتعليم عام فعال ـ بحيث يمكن للمواطنين، في الدول الديموقراطية على الأقل، أن يقوموا باتخاذ القرارات المبنية على المعرفة. وهذه إحدى وظائف وكالة ناسا.

وتجرى الآن دراسة جدّية للكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض، ووسيلة تغيير مداراتها. وهناك إشارة ما إلى أن المسؤولين بإدارة الدفاع ومختبرات الأسلحة قد بدأوا يدركون وجود مخاطر حقيقية من جراء التخطيط لدفع الكويكبات السيارة. وقد التقى العلماء المدنيون والعسكريون لمناقشة الموضوع. وعندما سمع الناس لأول مرة عن مخاطر الكويكبات السيارة، فكر فيها كثيرون باعتبارها بعثا للخرافات من جديد وبإثارة أشد، مصحوبا بالأخبار الملحة عن أن السماء ستقع. إن الميل لنبذ احتمال وقوع أي كارثة لم نشهد لها مثيلا، يعد مسألة حمقاء على المدى البعيد ولكن ينبغي في هذه الحالة توخي الحرص.

وفي غضون ذلك، علينا أن نواجه معضلة تحويل المسار، فإذا قمنا

بتطوير ونشر هذه التكنولوجيا، فإنها قد تقضي علينا. وإذا لم نفعل، فإن كويكبا سيارا أو مذنبا ما قد يقضي علينا، وأعتقد أن حل المعضلة يتوقف على حقيقة اختلاف مقاييس الزمن المحتملة بالنسبة للخَطَرَيْن. فهي قصيرة بالنسبة للخطر الأول وطويلة بالنسبة للخطر الثاني.

وإنني لأرغب في التفكير في أن انخراطنا المستقبلي في العمليات المرتبطة بالكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض سوف يسير في المجرى التالي: من خلال المراصد الأرضية يكتشف الكبير منها، ونخطط ونراقب مداراته، ونحدد معدلات الدوران والتكوين. ويجتهد العلماء في تفسير المخاطر ـ لا يبالغون ولا يخففون من مخاطر المستقبل المتوقعة. ونرسل سفن فضاء من الروبوت للطيران بالقرب من عدد قليل من الأجسام المُختارة والدوران في مدارات حولها، بل والهبوط عليها والعودة بعينات من أسطحها لدراستها في مختبرات كوكب الأرض. وأخيرا، نرسل بشرا. «وبسبب انخفاض الجاذبية، سيتمكن البشر من القيام بقفزات واسعة مستديمة تصل إلى عشرة كيلومترات أو أكثر في السماء، وقذف كرة بيسبول في مدار حول الكويكب السيار). ومع ادراكنا الكامل للمخاطر فإننا لا ولن نقدم على محاولة تحويل المسارات حتى تقل مخاطر احتمالات سوء استخدام التكنولوجيا في هذا المجال. وقد يستغرق هذا الأمر فترة قصيرة.

إذا ما تسرعنا أكثر مما ينبغي في تطوير تكنولوجيا تحريك العوالم، فإننا قد ندمر أنفسنا. وإذا ما ابطأنا، فإننا بالتأكيد سندمر أنفسنا. إن وثوق المنظمات السياسية العالمية والجرأة التي تتسم بها سوف يحتمان عليها اتخاذ خطوات واسعة ذات دلالة قبل أن نثق في قدرتها على التعامل مع مشكلة بهذه الخطورة. وفي الوقت ذاته، يبدو أنه لا يوجد حل قومي مقبول. من ذا الذي يمكن أن يشعر بالراحة مع وجود وسيلة لتدمير العالم في أيدي أمة عدوة (أو حتى من المحتمل أن تكون عدوة)، سواء أكانت أمتنا أم لم تكن تمتلك قوة مماثلة؟ إن خطر التصادم بين الكواكب، إذا ما فهمناه على نطاق واسع، ينبغي أن يعمل على تماسك نوعنا الإنساني ووقوفه يدا واحدة. فعند مواجهة خطر مشترك نصل نحن البشر، أحيانا، إلى ذرى يظن إلى حد كبير أنها مستحيلة. إننا ننحي خلافاتنا جانبا. على الأقل حتى يزول الخطر.

ولكن هذا الخطر لا يزول أبدا. إن الكويكبات السيارة التي تضطرب على الجاذبية تقوم بتحويل مداراتها ببطء؛ ودونما تحذير، وتجنح مذنبات جديدة نحونا من الظلام السحيق. وسنحتاج دوما للتعامل معها بطريقة لا تعرضنا للخطر. ومع تحديد فئتين من الخطر ـ واحدة طبيعية والأخرى من صنع الإنسان ـ فإن العوالم الصغيرة القريبة من كوكب الأرض توفر دافعا جديدا قويا لخلق مؤسسات فعالة عبر قومية ولتوحيد النوع الإنساني. ويصعب وجود أي بديل آخر مُرضٍ.

ومع ذروة انفعالاتنا المعتادة، وترددنا، فإننا، على أي حال، نتحرك نحو التوحيد. هناك تأثيرات قوية مستقاة من تكنولوجيا النقل والاتصالات، وهناك الاقتصاد العالمي متبادل الاعتماد، وهناك الأزمة البيئية العالمية. إن أخطار التصادم تسرع الخطى فحسب.

وفي نهاية الأمر، فإننا مع الحرص والتدقيق الشديدين لم نفعل شيئا حيال الكويكبات السيارة التي يمكن أن تتسبب في كارثة غير مقصودة على الأرض، وأتخيل أننا سنبدأ في تعلم كيفية تغيير مدارات العوالم المعدنية الصغيرة التي يقل عرضها عن مائة متر. إننا نبدأ بالانفجارات الصغيرة، ونشق طريقنا إلى أعلى ببطء. إننا نكتسب الخبرة في مجال تغيير مدارات مختلف الكويكبات السيارة والمذنبات التي تتسم باختلافات كبيرة سواء من حيث تكوينها أو قوتها. ونحاول تحديد أي منها يمكن دفعه وأي منها يصعب دفعه. ومع حلول القرن الثاني والعشرين، ربما نقدر على تحريك العوالم الصغيرة حول المنظومة الشمسية، ليس باستخدام التفجيرات النووية (راجع الفصل التالي)، وإنما عن طريق آلات الدمج النووي أو ما يعادلها. وسنتمكن من إدخال الكويكبات السيارة، المكونة من معادن ثمينة وصناعية، إلى مدار كوكب الأرض. وتدريجيا، سنطور تكنولوجيا دفاع تعمل على تحويل مدار كويكب سيار ضخم أو مذنب يمكن أن يصطدم بكوكب الأرض في المستقبل المنظور، وحتى ذلك الحين فإننا، وبحرص مدقق، سوف نقيم سلسلة من الضمانات لمواجهة أي سوء استخدام.

مادام خطر سوء استخدام تكنولوجيا تغيير المدار يبدو أكبر كثيرا من خطر التصادم الوشيك، فإن بإمكاننا الانتظار، واتخاذ الاحتياطات اللازمة وإعادة بناء المؤسسات السياسية ـ لعقود بالتأكيد، وربما قرون. وإذا لعبنا

بأوراقنا بطريقة صحيحة ولم يحالفنا الحظ، فإننا يمكن أن نسرع في خطوات ما سنقوم بعمله هناك في أعلى وذلك عبر ما نحققه من تقدم هنا على الأرض. فالاثنان، على أي حال، مرتبطان ببعضهما بعمق.

إن خطر الكويكبات السيارة يقهرنا. وينبغي من الناحية العملية، أن نعمل على ترسيخ وجود إنساني مهيب في جميع أنحاء المنظومة الشمسية الداخلية. وبالنسبة لقضية بهذه الأهمية لا أعتقد أن وسائل التسكين باستخدام الروبوت فقط سوف ترضينا. وللقيام بذلك، على نحو آمن، يتعين علينا إجراء تغييرات في أنظمتنا السياسية والدولية، وفي حين يبدو الكثير فيما يتعلق بمستقبلنا غامضا، فإن هذه النتيجة تبدو قاسية بدرجة ما ومنفصلة عن أهواء المؤسسات البشرية.

وعلى المدى البعيد، حتى إن لم نكن ننحدر من أصول المتجولين المحترفين، وحتى إن لم مسكونين بحب الاستكشاف، سيتعين على البعض منا مغادرة كوكب الأرض ـ وذلك ببساطة، من أجل تأكيد بقائنا جميعا. وما أن نصل إلى هناك، فإننا سنحتاج إلى قواعد وأبنية أساسية. ولن يطول الأمر كثيرا قبل أن يتمكن بعضنا من العيش في مواطن صناعية على عوالم أخرى، هذه هي الحجة الأولى من حجتين مفتقدتين وملغيتين من نقاشنا حول المهمات المريخية من أجل الوجود البشري الدائم في الفضاء.

إن المنظومات الكوكبية الأخرى لابد أن تواجه مخاطر تصادماتها الخاصة ـ فالعوالم الأصلية التي تُعتبر الكويكبات السيارة والمذنبات من بقاياها هي المادة التي تكونت منها وبعيدا عنها أيضا. وبعد أن يتم تشكلُ الكوكب، يصبح كثير من هذه الكويكبات والأجرام السماوية الصغيرة مجرد بقايا. ويبلغ متوسط الفترة الزمنية الواقعة بين التصادمات التي تهدد حضارة كوكب الأرض حوالي 200 ألف سنة ـ أي 20 مرة قدر عُمر حضارتنا. وتختلف هذه الفترات الزمنية جدا، فيما يتعلق بالحضارات غير الأرضية، إذا ما كانت موجودة، اعتمادا على عوامل عدة مثل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكوكب ومحيطه الحيوي، والطبيعة البيولوجية والاجتماعية للحضارة، وبالطبع معدل التصادم ذاته. إن الكواكب ذات الضغوط الجوية الأعلى ستكون محمية من الأجسام المتصادمة الأكبر إلى حد ما، برغم أن الضغط لن يتعاظم قبل ما تؤدي التدفئة الناجمة عن مفعول الدفيئة، وغير

ذلك من التبعات، إلى جعل الحياة مستحيلة عليها. وإذا كانت الجاذبية أقل كثيرا عن جاذبية كوكب الأرض، فإن الأجسام الصادمة ستحدث تصادمات أقل فاعلية ومن ثم ستتقلص الأخطار. هذا على الرغم من أن تقليص الخطر لن يتحقق قبل هروب الغلاف الجوي إلى الفضاء.

إن معدل التصادم في المنظومات الكوكبية الاخرى غامض. وتشتمل منظومتنا على ساكِنيّن أساسييّن من الأجسام الصغيرة التي تُغذي الأجسام الصادمة المحتملة وتدفعها للمدارات المتقاطعة مع مدار كوكب الأرض. إن وجود مصدر للسكان من الأجسام الصغيرة والآليات التي تبقى في معدل التصادم يعتمدان، على حد سواء، على كيفية توزيع العوالم. وعلى سبيل المثال، يبدو أن سحابتنا أوورت مسكونة بمقذوفات من العوالم الجليدية مشرودة بفعل الجاذبية من المنطقة المجاورة لكوكبي أورانوس ونبتون. وإذا لم توجد كواكب تلعب دور أورانوس ونبتون في منظومات أخرى غير منظومتنا فإن سحابتها أوورت تكون مسكونة على نحو أكثر تفرقا بكثير. إن النجوم في العناقيد المفتوحة أو الكروية، والنجوم في المنظومات الثنائية المتعددة، والنجوم الأقرب إلى مركز المجرة، والنجوم التي تمر بتجربة المقابلات الأكثر تكررا تكرر مقابلاتها مع السحب الجزيئية العملاقة في الفضاء الواقع بين النجوم، كلها يمكن أن تمر بخبرة تدفق اصطدامات أشد مع كواكبها الشبيهة بكوكب الأرض. والتدفق المذنبي يمكن أن يزيد مئات أو آلاف المرات عما يوجد لدى كوكب الأرض، إذا لم يكن كوكب المشتري قد تشكل ـ طبقا لحسابات چورج ويثيريل بمعهد كارنيجي بواشنطن. وفي منظومات لا تمتلك كواكب مثل المشتري، فإن درع الجاذبية ضد المذنبات يكون منخفضا، وعندئذ تتكرر، على نحو متزايد، التصادمات التي تهدد الحضارة.

وإلى حد ما فإن التدفقات المتزايدة للأجسام الواقعة بين الكواكب يمكن أن تزيد من معدل التطور؛ مثل الثدييات التي ازدهرت وتنوعت بعد أن قضى التصادم الذي حدث خلال الفترة الممتدة من العصر الطباشيري إلى العصر الثلاثي على الديناصورات بصورة تامة. ولكن لابد من وجود نقطة تناقص الغَلَّة (*): فمن الجليّ أن تدفقا ما يكون شديدا أكثر مما

(*) (diminishing returns) الزيادة في الإنتاج، المترتبة على زيادة قوة العمل أو رأس المال، تقل قيمتها في السوق عن حين معين من كمية الإنتاج - المراجع.

ينبغي بالنسبة لاستمرار أي حضارة.

إحدى نتائج تسلسل الأفكار في هذه الحجة يتمثل فيما يلي: حتى لو قامت حضارات بشكل مشترك على الكواكب الموجودة في أنحاء المجرة، فإن القليل منها سيتسم في آن واحد بطول البقاء والبعد عن التكنولوجيا، ومادامت أخطار الكويكبات السيارة والمذنبات لابد أن تنطبق على الكواكب المأهولة في أنحاء المجرة، إذا ما كانت مثل هذه الكواكب موجودة، عندئذ سيتعين على الكائنات الذكية في كل مكان أن تعمل على توحيد عوالمها سياسيا وتترك كواكبها وتنتقل إلى العوالم الصغيرة القريبة منها والمحيطة بها. ويتمثل اختيارها النهائي، مثل اختيارنا، في الطيران الفضائي أو الانقراض.

19 إعادة صنع الكواكب

من يستطيع إنكار أن الإنسان قادر، بشكل ما، على أن يصنع أي شيء، حتى لو كان فلكا، إذا ما تمكن من الحصول على الأدوات والمواد المناسبة؟

مارسيليو فيشينو، «روح الإنسان» (1474)

في غمار الحرب العالمية الثانية تصور كاتب أمريكي شاب، يدعى جاك ويليامسون، وجود منظومة شمسية آهلة بالسكان وتخيل أن القرن الحادي والعشرين سيشهد سكنى كوكب الزهرة عن طريق الصين [1] واليابان وإندونيسيا، وسكنى كوكب المريخ عن طريق ألمانيا، و سكنى أقمار كوكب المشتري عن طريق روسيا. أما أولئك الذين يتحدثون بالإنجليزية، اللغة التي يكتب بها ويليامسون فقد كانوا محصورين في نطاق الكويكبات السيارة ـ وكوكب الأرض بطبيعة الحال.

إن القصة التي نُشرت في مجلة Astounding Science Fiction في شهر يوليو العام 1942 كانت باسم «مدار التصادم» (Collision Orbit)، وظهرت تحت اسم مستعار هو ويل ستيوارت. كانت حبكة القصة تدور حول تصادم مباشر بين كويكب سيار غير مسكون وآخر مأهول، والبحث عن وسيلة لتحويل مسار العوالم الصغيرة. وعلى الرغم من عدم تعرض أي ساكن من سكان كوكب الأرض للخطر، فإن هذه القصة ربما كانت أول ظهور ـ بغض النظر عن المسلسلات الهزلية الصحفية ـ لتصادمات الكويكبات السيارة بوصفها مصدرا لتهديد البشر

(كانت المذنبات المتصادمة بالأرض تمثل خطرا رئيسيا).

في باكورة أعوام الأربعينيات، كانت البيئة على كوكبي المريخ والزهرة مفهومة على نحو رديء. وكان من المتصور أن هناك إمكانا لأن يعيش البشر هناك دونما حاجة إلى أنظمة دعم الحياة. ولكن الكويكبات السيارة كانت مسألة أخرى. وكان من المعروف تماما عندئذ أن الكويكبات السيارة هي عوالم صغيرة وجافة وخالية من الهواء. وإذا كان للبشر أن يسكنوها وخاصة بأعداد كبيرة منهم، فيجب بشكل ما أن تثبَّت.

يصور ويليامسون في كتابه «مدار التصادم» مجموعة من «المهندسين في المجال الفضائي» قادرين على تحويل هذه المخافر الأمامية القاحلة إلى مناطق معتدلة. وقد أطلق ويليامسون على عملية التحول هذه اسم «تشكيل الأرض». لقد كان يعلم أن انخفاض الجاذبية على الكويكب السيار يعني أن أي غلاف جوي يُولَّد أو يُنقل إلى هناك سرعان ما سيهرب إلى الفضاء. ولذا، فقد كانت تكنولوجيا تشكيل الأرض لديه تعتمد في الأساس على «شبه الجاذبية»، وهي جاذبية صناعية يمكن أن تُبقي على أي غلاف جوي كثيف.

وبقدر ما يمكننا القول اليوم، فإن شبه الجاذبية تُعد شيئا مستحيلا من الوجهة الفيزيائية. ولكن بإمكاننا أن نتخيل مستوطنات شفافة ذات قباب فوق أسطح الكويكبات السيارة كما طرح قنسطنطين تشيولكوفسكي؛ أو مجتمعات مُشيدة في باطن الكويكب السيار، كما طرح في العشرينيات العالم البريطاني ج. د. برنال. ولأن الكويكبات السيارة صغيرة وذات جاذبية منخفضة، فقد يكون تركيبها فيما تحت السطح سلسا نسبيا. فإذا ما حُفر نفق فإنه يمكنك القفز إلى الداخل من عند أحد أطرافه والظهور بعد حوالي 45 دقيقة عند الطرف الثاني، متأرجحا لأعلى وأسفل على طول القطر الكامل لهذا العالم. وفي داخل النوع الملائم من الكويكبات السيارة ـ الكويكب السيار الطباشيري ـ يمكن أن نجد مواد لتصنيع الأحجار، والمعادن والمبنى اللدائني ووفرة من المياه ـ أي كل ما يمكن أن نحتاج إليه لبناء منظومة ايكولوجية مغلقة تحت سطحية حديقة تحت الأرض. وقد يتطلب التنفيذ خطوة مهمة فوق نطاق ما لدينا اليوم. ولكن، بخلاف «شبه الجاذبية» لا يوجد شيء في هذه الخطة يبدو مستحيلا. فجميع العناصر يمكن إيجادها

بالتكنولوجيا المعاصرة وإذا ما كان هناك سبب كاف، فإن عددا معقولا من بيننا يمكن أن يعيش على (أوفي) الكويكب السيار مع حلول القرن الثاني والعشرين.

وسوف يحتاجون بالتأكيد إلى مصدر للطاقة، ليس لدعم أنفسهم فحسب، وإنما أيضا، كما اقترح برنال، لتحريك أوطانهم السيارة.

(إن التحويل الانفجاري لمدارات الكويكب السيار إلى أسلوب أكثر رقة من أساليب الدفع، لا يبدو خطوة كبيرة بعد قرن أو اثنين). وإذا ما تم توليد غلاف جوي أكسجينيّ من ماء مقيد كيميائيا، يمكن عندئذ حرق الكائنات العضوية لتوليد الطاقة ـ تماما مثلما يجرى حرق الوقود الحفري على كوكب الأرض اليوم. ويمكن وضع الطاقة الشمسية بعين الاعتبار، على الرغم من أن شدة ضوء الشمس بالنسبة لحزام الكويكبات السيارة الرئيسي تبلغ 10٪ فقط مما هي عليه على كوكب الأرض. وعلاوة على ذلك، يمكننا أن نتخيل حقولا واسعة من الألواح الشمسية التي تغطي أسطح الكويكبات السيارة المأهولة، وتحول ضوء الشمس إلى كهرباء. والتكنولوجيا الضوء كهربائية هذه تستخدم في سفن الفضاء التي تدور حول كوكب الأرض، كما يتزايد حاليا استخدامها على كوكب الأرض. وفي حين تكفي لتدفئة وإنارة منازل هؤلاء النزلاء، فإنها لا تبدو ملائمة لتغيير مدارات الكويكبات السيارة.

ومن هنا اقترح ويليامسون استخدام مادة مضادة. والمادة المضادة تشبه المادة العادية تماما مع فارق جوهري واحد. ولننظر إلى الهيدروجين: تتكون ذرة الهيدروجين العادية من بروتون داخلي مشحون بشحنة موجبة وإلكترون خارجي مشحون بشحنة سالبة. أما ذرة الهيدروجين المضاد anti-hydrogen فهي تتكون من بروتون داخلي مشحون بشحنة سالبة، وإلكترون خارجي مشحونا بشحنة موجبة (ويسمى بوزيترون). والبروتونات، بغض النظر عن نوع شحناتها، لها الكتلة نفسها، والإلكترونات، بغض النظر عن نوع شحناتها، لها الكتلة نفسها أيضا، والجزيئات المشحونة بشحنات متنافرة تتجاذب. وذرة الهيدروجين وذرة ضد ـ الهيدروجين مستقرتان. لأن الشحنات الكهربية الموجبة والسالبة تتوازن بدقة في الحالتين.

إن المادة المضادة ليست بنية افتراضية من بنيات التأمل المتقد لكُتّاب الخيال العلمي أو علماء الفيزياء النظرية، فهي موجودة، ويقوم الفيزيائيون

بعملها في مُعجلات نووية، كما يمكن أن توجد في الإشعاعات الكونية ذات الطاقة العالية، فلماذا لا نسمع كثيراعنها؟ لماذا لا يستخدمها أحد في عملياتنا المختلفة؟ ذلك لأن المادة والمادة المضادة عندما يتصلان، فإن كلا منهما تبيد الأخرى بعنف، وتختفيان بانفجار شديد من أشعة جاما. ولايمكننا الحكم على ما إذا كان شيء ما مصنوعا من المادة أو المادة المضادة بمجرد النظر إليه. فالخصائص الطيفية، على سبيل المثال، للهيدروجين وضد ـ الهيدروجين تتطابق تماما.

وكانت إجابة ألبرت آينشتاين على سؤال لماذا نرى المادة فقط وليس المادة المضادة؟ هي: «لقد انتصرت المادة» ـ وكان يعني بذلك قطاعنا من الكون على الأقل، بعد أن تفاعلت المادة والمادة المضادة وأبادت كل منهما الأخرى منذ زمن طويل، وبقي البعض مما نطلق عليه المادة العادية [2]. وبقدر ما يمكننا القول اليوم، انطلاقا من فلك أشعة جاما وغيره من الوسائل، فإن الكون مصنوع كله من المادة. والسبب في هذا يشتبك مع أعمق القضايا الفلكية، والتي لا مجال لها هنا، ولكن، إذا كان هناك اختلاف قدره جزء من بليون فقط رجحّ المادة على المادة المضادة عند البداية، فإن هذا سيكفي في تفسير الكون الذي نراه اليوم.

لقد تخيل ويليامسون أن البشر سيقدرون في القرن الثاني والعشرين على تحريك الكويكبات السيارة عن طريق الإبادة المتبادلة المحكمة للمادة والمادة المضادة. وإذا ما وجِّهت أشعة جاما الناتجة، فإنها ستؤدي إلى استنفاد فعّال لصاروخ. كما تخيل أن المادة المضادة متاحة في حزام الكويكبات السيارة الرئيسي (بين مداري المريخ والمشتري)، لأن هذا هو تفسيره لوجود حزام الكويكبات السيارة. وقد افترض أنه في الماضي البعيد، وصل عالَم صغير دخيل يتكون من مادة مضادة إلى المنظومة الشمسية من أعماق الفضاء، تصادم مع ما كان عندئذ كوكبا يماثل كوكب الأرض ـ ترتيبه الخامس في البعد عن الشمس، وأباده. وتُعتبر الكويكبات السيارة شظايا هذا التصادم؛ وما يزال بعضها مصنوعا من المادة المضادة. وإذا ما استخدمت كويكبا سيارا مضادا ـ وهو الأمر الذي اعتبره ويليامسون نوعا من الخداع ـ عندئذ يمكنك أن تحرك هذه العوالم وفق إرادتك.

في تلك الفترة كانت أفكار ويليامسون أفكارا مستقبلية، ولكن تبعد عن

البلاهة. ويمكننا اعتبار الكثير مما ورد بكتابه «مدار التصادم» من أمور الخيال. أما اليوم، فلدينا أسباب معقولة للاعتقاد بعدم وجود كميات ذات مغزى من المادة المضادة في المنظومة الشمسية؛ وأن حزام الكويكبات السيارة ـ بعيدا عن كونه يتكون من كوكب متشظٍّ شبيه بالأرض ـ فهو مجموعة ضخمة من الأجسام الصغيرة المعاقة (بفعل قوى جاذبية المشتري) من تشكيل عالم يشبه كوكب الأرض.

ومع ذلك، فإننا نقوم بالفعل بتوليد كميات صغيرة (جدا) من المادة المضادة في المُعجلات النووية اليوم، وربما مع حلول القرن الثاني والعشرين سيصبح بإمكاننا تصنيع كميات ضخمة. ونظرا لأن ماكينات إنتاج المادة المضادة تتسم بدرجة عالية من الكفاءة ـ فهي تقوم بتحويل كل المادة إلى طاقة وفقا لقانون E = mc2 (*) بدرجة كفاءة تصل إلى 100٪ ـ فإنها قد تمثل تكنولوجيا عملية مع حلول ذلك العصر، كما دافع عن ذلك ويليامسون. وإذا ما أخفق ذلك، فما هي مصادر الطاقة التي يمكننا عمليا توقع توافرها لإعادة تشكيل الكويكبات السيارة وإنارتها وتدفئتها وتحريكها؟

تضيء الشمس عن طريق كبْس البروتونات معا وتحويلها إلى نويات هيليوم. وتنطلق الطاقة من جراء هذه العملية، على الرغم من أن كفاءتها تقل عن 1٪ من كفاءة عملية الإبادة بين المادة والمادة المضادة. ولكن، حتى تفاعلات البروتون ـ البروتون تتجاوز أي شيء يمكن أن نتخيله في الواقع بالنسبة لأنفسنا في المستقبل القريب، وتتسم درجات الحرارة المطلوبة بارتفاعها الشديد. وعلى الرغم من ذلك، وبدلا من كبْس البروتونات معا، يمكننا استخدام أنواع أثقل من الهيدروجين. ونحن نقوم بذلك بالفعل في مجال الأسلحة النووية الحرارية. إن الديوتيريوم هو بروتون مقيد بنيوترون، بفعل القوى النووية؛ والتريتيوم هو بروتون مقيد باثنين من النيوترونات، بفعل القوى النووية أيضا. ويبدو من المرجح أننا سنمتلك في قرن آخر خططا للقوة العملية التي تشمل الاندماج النووي المقنن للديوتيريوم والتريتيوم، والديوتيريوم والهيليوم. ويوجد الديوتيريوم والتريتيوم لمكونين صغيرين في الماء (على كوكب الأرض وغيره من العوالم). إن نوع الهيليوم المطلوب لعملية الاندماج ـ 3He (تتكون نواته من اثنين من البروتونات ونيوترون

(*) الطاقة = الكتلة * (سرعة الضوء)^2 - المراجع.

واحد) ـ قد غُرسَ بفعل الرياح الشمسية، على مدى بلايين السنين، فوق أسطح الكويكبات السيارة. ولا تتسم هذه العمليات بكفاءة تفاعلات البروتون ـ البروتون نفسها في الشمس، ومع ذلك فمن الممكن أن توفر طاقة كافية لتسيير مدينة صغيرة، لمدة عام، من قناة متجمدة يبلغ حجمها أمتار عدة فقط.

ويبدو أن مفاعلات الاندماج تتقدم ببطء شديد لتلعب دورا رئيسيا في حل، أو حتى التخفيف من مشكلة ارتفاع درجة الحرارة العالمية. ولكن، مع حلول القرن الثاني والعشرين، ينبغي أن تتوافر هذه المفاعلات على نطاق واسع. ومع وجود ماكينات الاندماج الصاروخية سيصبح من الممكن تحريك الكويكبات السيارة والمذنبات في إطار المنظومة الشمسية الداخلية، بإدخال أحد الكويكبات السيارة من الحزام الرئيسي، على سبيل المثال، إلى مدار حول كوكب الأرض. ويمكن أن ينقل عالم قطره عشرة كيلومترات، من زحل مثلا إلى المريخ، وذلك عن طريق الاحتراق النووي للهيدروجين في مذنب جليدي قطره كيلومتر واحد (وهنا، ومرة أخرى، أفترض عصرا يتسم بالاستقرار والأمن السياسي).

لندع جانبا الآن أي حالة من حالات تأنيب الضمير يمكن أن تتشكل بشأن أخلاقيات إعادة ترتيب العوالم أو بشأن قدرتنا على القيام بذلك دون عواقب كارثية. إن عمليات حفر باطن هذه العوالم وإعادة تشكيلها من أجل سكنى الانسان، وتحريكها من مكان لآخر عبر أنحاء المنظومة الشمسية، يبدو أنها ستكون في متناولنا في غضون قرن أو قرنين. ربما سنمتلك عندئذ أيضا مخافر أمامية دولية مناسبة. ولكن ماذا عن تحويل البيئة... ولا أعني بيئة الكويكبات السيارة أو المذنبات، وإنما بيئة الكواكب؟ هل يمكننا الحياة على المريخ؟

إذا أردنا تدبير شؤون الحياة على المريخ، فمن السهولة أن نرى أن بإمكاننا، من حيث المبدأ على الأقل، القيام بذلك: فهناك وفرة من ضوء الشمس؛ وهناك وفرة من المياة في الصخور وتحت السطح وفي الجليد القطبي. والغلاف الجوي يتكون تقريبا من ثاني أكسيد الكربون. وهناك كمية كبيرة من المادة العضوية على القمر فوبوس القريب منه يمكن جرفها ونقلها إلى المريخ. (وبالفعل، فإن سطح فوبوس مليء بالأخاديد، كما لو أن

شخصا كان هناك قبلنا ـ ولكن علماء جيولوجيا الكواكب يعتقدون أنهم يدركون كيف يمكن لقوى المد والجزر أو للتصادمات المسببة للحفر أن تولد مثل هذه الأخاديد). ويبدو من المرجح أنه بإمكاننا، في المواطن المتمتعة بالاكتفاء الذاتي، أن نزرع المحاصيل، ونصنع الأكسجين من الماء ونُعيد تدوير المخلفات.

قد نعتمد في البداية على السلع الآتية من كوكب الأرض. ولكن مع مرور الوقت، يمكننا أن نقوم بتصنيع المزيد والمزيد منها بأنفسنا. وقد تتزايد حالة الاكتفاء الذاتي لدينا. إن الحظائر ذات القباب، حتى وإن كانت مصنوعة من الزجاج العادي، سوف تسمح بدخول ضوء الشمس المرئي، وتحجب الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس. وباستخدام أقنعة الأكسجين والملابس الواقية ـ ولكن غير الثقيلة والمرهقة مثل سترة الفضاء ـ يمكننا أن نترك هذه الحظائر كي نذهب لاستكشاف، أو لبناء، قرية أو مزرعة أخرى.

ويبدو الأمر مثيرا للذكريات فيما يتعلق بالخبرة الأمريكية الرائدة، ولكن مع اختلاف واحد أساسيّ على الأقل: في المراحل المبكرة، تتسم الإعانات المالية الحكومية بأهمية جوهرية. فالتكنولوجيا المطلوبة باهظة الثمن بالنسبة لبعض العائلات الفقيرة، مثل جديّ منذ قرن مضى، ويصعب عليها دفع نفقات سفرها إلى المريخ. إن رواد المريخ الأوائل سيرسلون عن طريق الحكومات وسوف يمتلكون مهارات عالية تخصصية. ولكن، بعد مرور جيل أو جيلين، عندما يولد الأطفال والأحفاد هناك ـ وخاصة بعد تحقق حالة الاكتفاء الذاتي ـ ستبدأ عندئذ مرحلة التغيير. سيحصل الصغار، الذين ولدوا على المريخ، على تدريب تخصصي في التكنولوجيا الأساسية للحياة في هذه البيئة الجديدة. وسيصبح المستوطنون أقل بطولة وتفردا. وستبدأ نقاط القوى والضعف الإنساني في تأكيد نفسها. وجزئيا بسبب صعوبة الوصول من كوكب الأرض إلى المريخ، ستبدأ بالتدريج الثقافة المريخية المتفردة في الظهور ـ طموحات ومخاوف مختلفة مرتبطة بالبيئة التي يعيشون فيها؛ وتكنولوجيات مختلفة ومشكلات اجتماعية مختلفة؛ وحلول مختلفة ـ هذا فضلا عن إحساس تدريجي بالتباعد الثقافي والسياسي عن العالم الأم، كما حدث في كل ظرف مشابه عبر التاريخ البشري.

وسوف تصل سفن ضخمة حاملة للتكنولوجيا الأساسية من كوكب الأرض،

فضلا عن عائلات جديدة من المستوطنين وبعض الموارد النادرة. ومن الصعب أن نعرف، بناء على معارفنا المحدودة عن المريخ، ما إذا كانت السفن ستعود للأرض حاملة معها أي شيء موجود على المريخ فقط، شيء يتسم بقيمة كبيرة على كوكب الأرض.

وفي أول الأمر سوف يجرى الكثير من الفحوص العلمية لعينات سطح المريخ على كوكب الأرض. ولكن، في الوقت المناسب ستُجرى الدراسة العلمية للمريخ (وقمريْه فوبوس وديموس) على أيدي سكان المريخ.

وأخيرا ـ وكما حدث في الواقع مع كل شكل آخر من أشكال الانتقال البشري ـ فإن السفر بين الكواكب سيصبح متيسرا للناس بوسائل عادية: للعلماء الباحثين عن مشاريع بحثية، وللمستوطنين الذين سئموا كوكب الأرض، وللمغامرين من السياح. وبطبيعة الحال، سيكون هناك المستكشفون.

وإذا ما أتى زمن يمكن خلاله جعل بيئة المريخ تشبه بيئة كوكب الأرض إلى حد كبير ـ عندما يصبح بالإمكان الاستغناء عن الملابس الواقية وأقنعة الأكسجين والمزارع والمدن ذات القباب ـ فسوف تزداد جاذبية السفر إلى المريخ إلى أضعاف عديدة، كما سيسهل الوصول إليه. ويصدق الشيء نفسه بطبيعة الحال، على أي عالم آخر يمكن هندسته وتصميمه بحيث يمكن للبشر الحياة عليه من دون وسائل محكمة لتجنب البيئة الكوكبية. ويمكن أن نشعر براحة أكبر في وطننا الذي اخترناه ان لم تكن قبة لم تُمسّ أو سترة فضائية هي كل ما يحول بيننا وبين الموت. (ولكن، ربما أكون مبالغا في القلق؛ فالناس الذين يعيشون في هولندا يبدون متكيفين بصورة جيدة وسعداء كما هو حال سكان آخرين في أوروبا الشمالية، وعلاوة على هذا فإن حواجزهم الصخرية هي كل ما يحول بينهم وبين البحر).

وبمعرفة الطبيعة التأملية للسؤال، وحدود معارفنا، فهل من الممكن، برغم ذلك، تصور حدوث عملية تشكيل للكواكب على غرار تشكيل كوكب الأرض؟

إننا لا نحتاج للنظر إلى أبعد من عالمنا كي نرى أن البشر هم القادرون الآن على تغيير البيئات الكوكبية بصورة عميقة. إن استنفاد طبقة الأوزون، وارتفاع درجة الحرارة العالمية من جراء مفعول الدفيئة المتزايد، والتبريد العالمي الذي ينجم من الحرب النووية، هي كلها طرق يمكن للتكنولوجيا

الراهنة أن تغير بيئة عالمنا إلى درجة كبيرة من خلالها ـ وهي ناتجة في كل حالة عن إهمال غير متعمد أثناء القيام بشيء آخر. وإذا ما كان في نيتنا تغيير بيئتنا الكوكبية، فإننا نقدر تماما على تحقيق تغيير أكبر في المستقبل كما فعلنا في الماضي. ومع تحول تكنولوجيتنا إلى قوة أكبر، فإننا سوف نصبح قادرين على إحداث تغييرات أكثر عمقا في المستقبل.

ولكن، كما أن الخروج من موقف للسيارات (توضع فيه خلف بعضها) أيسر من الدخول فيه، فإن من الأيسر تدمير بيئة كوكبية عن تحريكها إلى نطاق مفروض بقوة من درجات الحرارة والضغط والتكوين... وهلم جرا ونحن نعرف الآن عددا وافرا من العوالم المقفرة غير القابلة للسكنى، ونعرف ـ بشق الأنفس ـ عالما واحدا فقط غضّا ومعتدلا. وهذه خلاصة مهمة توصلنا إليها منذ باكورة عصر الاستكشاف بالسفن الفضائية للمنظومة الشمسية. وعند تعديل كوكب الأرض، أو أي عالم آخر له غلاف جوي، يجب أن نتوخى الحرص الشديد بشأن التأثير المرتجع الإيجابي حيث نَكزُ بيئة بضربة خفيفة وهي ماضية في طريقها الخاص ـ إن تبريدا ضئيلا يقود إلى تجمد جامح وهو قد يكون مثلما حدث على المريخ؛ كما أن تدفئة ضعيفة تفضي إلى مفعول دفيئة جامح كما حدث على الزهرة. ولا يبدو واضحا على الإطلاق أن لدينا ما يكفي من المعارف من أجل هذا الغرض.

وبقدر ما أعرف، فإن أول اقتراح ظهر في الأدبيات العلمية حول تشكيل الكواكب كان ما قمت بتقديمه في مقال العام 1961 حول كوكب الزهرة. كنت متأكدا، إلى حد ما، عندئذ أن درجة الحرارة السطحية لكوكب الزهرة تزيد على نقطة غليان الماء العادية، وأنها ناتجة عن ثاني أكسيد الكربون/ مفعول الدفيئة لبخار الماء. ولقد تخيلت نثر كائنات حية دقيقة، مُهندسة وراثيا في السحب العليا للكوكب، تكون قادرة على أخذ ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والماء من الجو وتحويلها إلى جزيئات عضوية. وكلما زاد ما يُزال من ثاني أكسيد الكربون، قلّ مفعول الدفيئة، وبرد السطح. وتقوم طبقات بحمل الميكروبات إلى أسفل نحو السطح حيث تُشوى، وبهذا يتصاعد بخار الماء مرة أخرى عائدا إلى الجو. ولكن كربون ثاني أكسيد الكربون، سيتحول، عن طريق درجات الحرارة العالية وبصورة لا تُردّ، إلى جرافيت أو شكل غير متطاير آخر من أشكال الكربون. وأخيرا، تنخفض درجات

الحرارة إلى ما دون درجة الغليان ويصبح سطح كوكب الزهرة قابلا للسكنى ومليئا بالبرك والبحيرات المحتوية على الماء الدافئ.

وسرعان ما أخذ هذه الفكرة كثير من المؤلفين في مجال الخيال العلمي وذلك في تلك المعزوفة المستمرة بين العلم والخيال العلمي ـ والتي من خلالها يؤدي العلم إلى تحفيز الخيال، ويؤدي الخيال إلى تحفيز جيل جديد من العلماء؛ وهي عملية تفيد الطرفين. ولكن برغم الخطوة التالية في المعزوفة فإنه يبدو واضحا الآن أن بذر كائنات حية دقيقة خاصة تقوم بعملية بناء ضوئي خاصة هو أمر لن يفلح. فمنذ العام 1961 اكتشفنا أن سحب الزهرة عبارة عن محلول مُركز من حامض الكبريتيك، وهو ما يجعل الهندسة الوارثية، بالأحرى، أكثر تحديا. ولكن هذا في حد ذاته لا يُعد خللا حاسما. (فهناك كائنات حية دقيقة تعيش حياتها في محاليل من حامض الكبريتيك). أما الخلل الحاسم فهو كالتالي: في العام 1961، كنت أعتقد أن الضغط الجوي عند سطح كوكب الزهرة هو «بارات» (*) قليلة، أي يعادل مرات عدة قليلة الضغط السطحي على كوكب الأرض. أما الآن فنحن نعرف أنه يعادل 90 بارا، بحيث إن النتيجة ـ في حالة نجاح الخطة ـ ستسفر عن سطح مدفون على عمق مئات الأمتار من الجرافيت الدقيق، فضلا عن غلاف جوي يتكون من 65بارا من أكسجين جزيئي نقي تقريبا. ونحن ما زلنا لا نعرف ما إذا كنا سننفجر إلى الداخل بفعل الضغط الجوي أو نتفجر إلى الخارج على صورة ألسنة من اللهب بصورة تلقائية في كل هذه الكمية من الأكسجين، فما يزال سؤالا مفتوحا. وعلى أي حال، ولفترة طويلة قبل بناء كل هذه الكمية من الأكسجين، سوف يحترق الجرافيت بصورة تلقائية عائدا إلى ثاني أكسيد الكربون في دورة قصيرة. وفي أحسن الأحوال، فإن مثل هذا المخطط يمكن أن يحمل عملية تشكيل الزهرة إلى جزء من الطريق فحسب.

ونفترض أننا مع حلول باكورة القرن الثاني والعشرين سنمتلك عربات للحمولات الثقيلة رخيصة التكلفة نسبيا، ومن ثم يصبح بإمكاننا نقل حمولات ضخمة إلى عوالم أخرى؛ فضلا عما سنمتلكه من مفاعلات وفيرة وقوية لعمليات الاندماج النووي؛ كما ستتطور الهندسة الوراثية تطورا كبيرا. ولأن

(*) المفرد بار، وهو وحدة قياس الضغط الجوي - المراجع.

الافتراضات الثلاثة جميعها مرجحة فإن سياق الأحداث المفترض ماض في طريقه. هل يمكننا تشكيل الكواكب؟ [3] لقد قمت مع جيمس بولاك، بمركز بحوث ايمس بـ ناسا، بدراسة هذه القضية، وسوف أقدم موجزا لما توصلنا إليه:

كوكب الزهرة: تكمن المشكلة بالنسبة لكوكب الزهرة بوضوح في مفعول الدفيئة الضخم هناك. فإذا ما استطعنا تقليص مفعول الدفيئة إلى الصفر تقريبا، فقد يصبح مناخ الكوكب معتدلا. ولكن جوا يصل إلى 90 بارا من ثاني أكسيد الكربون يُعد كثيفا بصورة تبعث على الضيق. ففي كل بوصة مربعة، وهي بحجم طابع البريد، من السطح، يزن الهواء ما قدره 6 من لاعبي كرة القدم المحترفين، مع تكدسهم واحدا فوق الآخر. إن التخلص من ذلك سوف يتطلب الكثير من العمل.

تخيل أن كوكب الزهرة قصف بالكويكبات السيارة والمذنبات. إن كل تصادم يطيِّر بعضا من غلافه الجوي. ومع ذلك، فإن تمزق الغلاف كله تقريبا يحتاج إلى استخدام عدد من الكويكبات السيارة والمذنبات أكبر من الموجود ـ على الأقل في الجزء الكوكبي من المنظومة الشمسية. وحتى في حالة وجود عدد كبير من الأجسام المتصادمة المحتملة، وحتى إذا ما استطعنا أن نجعل هذه الأجسام جميعا تصطدم بكوكب الزهرة (هذا هو المدخل الذي يتسم بمبالغة شديدة في عمليات التدمير بالنسبة لمشكلة الأخطار التصادمية)، فعلينا أن نفكر فيما يمكن أن نفقده. من يعرف ما هي العجائب، وما هي المعرفة العملية التي تضمها؟ كما يمكننا أيضا، على هذا النحو، أن نطمس الكثير من جيولوجيا السطح الرائعة لكوكب الزهرة ـ الذي بدأنا بالكاد في إدراكه، والذي يمكن أن يعلمنا الكثير حول كوكب الأرض. هذا مثال عن استخدام القوة الوحشية في عملية تشكيل الكواكب. ولقد اقترحت أننا نرغب في التخلص من هذه الوسائل تماما، حتى وإن كنا سنقدر ذات يوم على تحقيقها (وهو الأمر الذي أشك فيه بالكامل). إننا نبغي شيئا أكثر كياسة وأكثر رقة ، وأكثر احتراما لبيئات العوالم الأخرى. إن النهج القائم على إدخال ميكروبات ببعض هذه الفضائل، ولكنه لا يخدع، كما أوضحنا للتو.

ويمكننا أن نتخيل سحق كويكب سيار مظلم ونشر مسحوقه خلال الغلاف

الجوي العلوي لكوكب الزهرة، أو نقل غباره لأعلى من فوق السطح. إن هذا الأمر يمكن أن يمثل المُعادل الفيزيائي لشتاء نووي أو لمناخ ما بعد التصادم، الذي جرى خلال الفترة الممتدة من العصر الطباشيري إلى العصر الثلاثي. وإذا ما ضعف ضوء الشمس، الذي يصل إلى السطح بقدر كاف، فإن درجة حرارة السطح يجب أن تنخفض. ولكن، من حيث طبيعة هذا الخيار، فإنه يغمر كوكب الزهرة في ظلام عميق مصحوب بدرجات لضوء النهار ربما تماثل فحسب ضوء القمر في ليل كوكب الأرض. ويمكن للغلاف الجوي القابض والساحق الذي يعادل 90 بارا، أن يظل دون مساس. وبما أن الغبار الموجود يمكن أن يترسب كل سنوات عدة، فإن الطبقة الصخرية يتحتم أن توجد من جديد في الفترة الزمنية نفسها. وربما يمكن قبول هذا المدخل بالنسبة للبعثات الاستكشافية القصيرة، ولكن البيئة المتولدة تبدو شديدة القسوة بالنسبة لوجود مجتمع بشري ذاتي الاكتفاء على كوكب الزهرة.

ويمكننا استخدام ساتر شمسي اصطناعي عملاق في مدار حول كوكب الزهرة لتبريد السطح؛ ولكنه سوف يتكلف كثيرا، بالإضافة إلى أنه سيتسم بكثير من نواحي القصور المتعلقة بطبقة الغبار. ومع كل، إذا أمكن تخفيض درجات الحرارة على نحو كاف، فإن ثاني أكسيد الكربون بالغلاف الجوي سيكف عن الهطول. وقد توجد فترة انتقالية من محيطات من ثاني أكسيد الكربون على كوكب الزهرة. وإذا ما أمكن تغطية هذه المحيطات لمنع إعادة التبخر - على سبيل المثال، بمحيطات مائية متشكلة بفعل انصهار قمر جليدي كبير منقول من المنظومة الشمسية الخارجية - فسوف يتم آنئذ احتجاز ثاني أكسيد الكربون، ويتحول كوكب الزهرة إلى كوكب مائي (أو من الماء المعدني الفوار منخفض الجيشان). كما جرى اقتراح طرق أخرى أيضا لتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى صخر من الكربونات.

وهكذا، فإن جميع المقترحات الرامية إلى تشكيل سطح كوكب الزهرة لا تزال ترتكز إلى القوة العنيفة غير الكيِّسة، كما تعد مرتفعة التكلفة بصورة منافية للعقل. والتحول الكوكبي المطلوب يمكن أن يتجاوز إمكاناتنا لفترة طويلة حتى لو اعتقدنا أنه جذّاب وقادر على الوفاء بتكاليفه. إن الاستعمار الآسيوي لكوكب الزهرة، الذي تخيله جاك وليامسون، قد يتحتم إعادة توجيهه نحو مكان آخر.

كوكب المريخ: بالنسبة لكوكب المريخ نواجه تحديدا المشكلة العكسية، حيث لا يوجد هناك مفعول الدفيئة. إن الكوكب عبارة عن صحراء مجمدة. ولكن هناك حقيقة أن المريخ لديه فيما يبدو وفرة من الأنهار والبحيرات، وربما حتى المحيطات، من أربعة ملايين من السنين ـ عندما كانت الشمس أقل سطوعا عما تبدو عليه اليوم ـ تجعلك تتساءل عما إذا كان هناك عدم استقرار ما طبيعي في مناخ المريخ؛ شيء ما إذا ما حُرِّر، فإنه قد يعيد بنفسه الكوكب إلى حالته المعتدلة القديمة. (وتجدر الإشارة، من البداية، إلى أن مثل هذا العمل يمكن أن يدمر تضاريس المريخ التي تشتمل على البيانات الأساسية حول ماضيه ـ وخاصة المنطقة القطبية المكونة من طبقات صفائحية).

وكما نعرف جيدا من كوكبي الأرض والزهرة، فإن ثاني أكسيد الكربون يُعد غاز دفيئة. وقد عثر على معادن كربونات على كوكب المريخ، فضلا عن الجليد الجاف في إحدى قممه القطبية، ويمكن تحويل هذه المركبات إلى غاز ثاني أكسيد الكربون. ولكن، للحصول على قدر كاف من مفعول الدفيئة، لتوليد درجات حرارة مريحة على كوكب المريخ، يتطلب الأمر حرث السطح كله ومعالجته لعمق يصل إلى كيلومترات عدة. وبغض النظر عن العقبات المروعة في مجال الهندسة العملية التي تمثلها هذه العملية ـ من خلال أو من دون قوة الاندماج النووي ـ وعائق نظم الاكتفاء الذاتي الأيكولوجية المغلقة والتي من المحتمل أن يكون البشر قد شيدوها على الكوكب من قبل، فإن الأمر يعني أيضا تدميرا غير مسؤول لمصدر علمي وقاعدة بيانات متميزين ـ وأعني سطح المريخ.

وماذا عن غازات الدفيئة الأخرى؟ يمكننا أن تأخذ الكلوروفلوروكربونات (CFC's أو HCFC's) إلى المريخ بعد تصنيعها على كوكب الأرض. وبقدر ما نعرف، حتى الآن، فإن هذه المواد الاصطناعية لا توجد في أي مكان آخر بالمنظومة الشمسية. يمكننا بالتأكيد أن نتخيل تصنيع كمية كافية من الكلوروفلوروكربون على كوكب الأرض لرفع درجة حرارة المريخ؛ فقد نجحنا بالمصادفة خلال عقود قليلة من التكنولوجيا الراهنة على كوكب الأرض في أن ننتج ما يكفي للمساهمة في رفع درجات الحرارة العالمية على كوكبنا. ولكن النقل إلى المريخ قد يتطلب تكلفة باهظة. ومع ذلك، فحتى باستخدام

المعززات من نوع ساترن ـ 5 أو إنرچيا، فإن الأمر قد يتطلب على الأقل إطلاقا في اليوم لمدة قرن ولكن، ربما يمكن تصنيع الغازات من المعادن المحتوية على الفلور في المريخ.

وعلاوة على ذلك، هناك نقيصة مهمة: وفرة الكلوروفلوروكربون على المريخ، كما هو الحال على كوكب الأرض، يمكن أن يمنع تكوّن طبقة الأوزون. إن الكلوروفلوروكربون يمكن أن يصل بدرجات الحرارة المريخية إلى مدى معتدل، ولكنه يكفل أن تظل المخاطر الناجمة عن الأشعة الشمسية فوق البنفسجية جدية إلى أبعد حد. وربما يمكن أن تمتص أشعة الشمس فوق البنفسجية عن طريق طبقة غلاف جوي من الحطام الناجم عن الكويكبات السيارة المسحوقة أو الحطام السطحي الذي يُحقن بكميات معايَرة بحرص فوق الكلوروفلوروكربون. ولكننا الآن نمر بظروف مضطربة، إذ يتعين علينا معالجة الآثار الجانبية الدعائية، التي يتطلب كل منها حلا تكنولوجيا واسع النطاق.

هناك غاز ثالث محتمل من غازات الدفيئة هو الأمونيا (NH_3). إن قدرا ضئيلا فقط من الأمونيا قد يكفي لرفع درجة حرارة سطح المريخ إلى ما فوق نقطة تجمد الماء. ويمكن القيام بذلك، من حيث المبدأ، عن طريق كائنات حية دقيقة مُهندسة على نحو خاص بحيث يصبح بإمكانها تحويل النيتروجين الجوي في المريخ إلى أمونيا، كما تفعل بعض أنواع البكتيريا على كوكب الأرض، على أن تقوم بذلك في ظل الظروف المريخية. أو أن يجرى التحويل نفسه في مصانع خاصة. وبالتناوب، فإن النيتروجين المطلوب يمكن نقله إلى المريخ من أي مكان آخر في المنظومة الشمسية. (إن النيتروجين هو المكون الرئيسي للغلاف الجوي في كل من كوكب الأرض والقمر تيتان). ويمكن أن يعمل ضوء الأشعة فوق البنفسجية إلى إعادة تحويل الأمونيا إلى نيتروجين في ما يقرب من ثلاثين عاما، بحيث يستمر إمداد الأمونيا.

إن تكوينا متميزا من غازات مفعول الدفيئة على كوكب المريخ وهي ثان أكسيد الكربون والكلوروفلوركربون والأمونيا، يبدو كما لو كان قادرا على الوصول بدرجات حرارة سطحه إلى ما يقرب بدرجة كافية من نقطة تجمد الماء حتى تبدأ المرحلة الثانية من تشكيل المريخ ـ وإن ارتفاع درجات الحرارة إلى مدى أبعد يعزى إلى بخار الماء الأساسي في الهواء وإلى إنتاج واسع

الانتشار للأكسجين بواسطة النباتات المهندسة وراثيا، وإلى تعديل بيئة السطح على نحو ملائم. ويمكن ترسيخ الميكروبات والنباتات والحيوانات الأكبر على المريخ قبل أن تصبح البيئة الكلية مناسبة للمستوطنين البشر غير المحميين.

إن عملية تشكيل سطح المريخ أسهل كثيرا من عملية تشكيل سطح الزهرة، ومع ذلك، فلا تزال هذه العملية باهظة التكلفة بالمعايير الحالية، وذات طابع تدميري من الناحية البيئية. غير أنه إذا وجد مبرر كاف. فإن عملية تشكيل سطح المريخ ربما يمكن أن تمضي قدما مع حلول القرن الثاني والعشرين.

أقمار المشتري وزحل: إن عملية تشكيل أسطح توابع الكواكب الشبيهة بالمشتري تبدي درجات متنوعة من الصعوبة. ربما كان أيسرها، إذا ما تفكرنا في الأمر، هو تيتان. إنه يمتلك، الآن، غلافا جويا يتكون من النيتروجين بصورة رئيسية، مثل الغلاف الجوي لكوكب الأرض، كما أن ضغطه يقترب من الضغط الجوي للكواكب الشبيهة بالأرض أكثر من الزهرة أو المريخ. وعلاوة على ذلك، فإن غازات الدفيئة المهمة مثل الأمونيا (NH3) و (H2O) بخار الماء تكاد تكون مجمدة على سطحه. إن تصنيع الغازات الأولية للدفيئة، التي لا تتجمد في درجات حرارة تيتان الحالية، بالإضافة إلى الارتفاع المباشر في درجة حرارة السطح عن طريق الاندماج النووي، يمكن، كما يبدو، أن يكونا الخطوات المبكرة الأولى في تشكيل سطح تيتان ذات يوم.

وإذا ما كان هناك سبب ملح للقيام بعملية تشكيل أسطح عوالم أخرى، فإن هذا المشروع الأعظم من بين المشروعات الهندسية يمكن أن يصبح قابلا للتحقق في إطار المدى الزمني الذي سبق أن أشرنا إليه ـ ويصدق هذا القول بالتأكيد فيما يتعلق بالكويكبات السيارة، ويحتمل بالنسبة للمريخ وتيتان وأقمار أخرى للكواكب الخارجية، ولكن ربما لا يكون محتملا بالنسبة لكوكب الزهرة. لقد أدركت أنا وبولاك أن هناك من يشعرون بانجذاب شديد لفكرة إعداد عوالم أخرى بالمنظومة الشمسية مناسبة لسكنى البشر عن طريق إقامة المراصد، وقواعد الاستكشاف، والمجتمعات والمساكن هناك. ونظرا لتاريخ الولايات المتحدة الرائد، فإن هذه الفكرة يمكن أن تكون طبيعية وجذابة على نحو خاص في هذا البلد.

وعلى أي حال، فإن عملية التعديل الضخمة لبيئات العوالم الأخرى يمكن أن تتم بكفاءة وبإحساس بالمسؤولية، فقط، عندما يصبح لدينا فهما لهذه العوالم أفضل بكثير مما هو متاح لدينا اليوم. إن المدافعين عن عملية تشكيل أسطح الكواكب ينبغي أن يدافعوا أولا عن عملية الاستكشاف العميق طويل المدى لعوالم أخرى.

وربما حين ندرك حقا صعوبات عملية تشكيل أسطح الكواكب، يثبت أن التكلفة أو العقوبات البيئية باهظة جدا، وتضعف آراؤنا في المدن ذات القباب أو المبنية تحت السطح، أو في المنظومات الأيكولوجية المحلية الأخرى المقصورة على أفراد قلائل، وفي التحولات المحسنة بشدة للمحيط الحيوي الثاني على عوالم أخرى. ربما سنهجر حلم تحويل أسطح العوالم الأخرى إلى شيء يقترب من سطح الأرض. أو ربما توجد طرق أخرى أكثر كياسة، وفعالة من حيث التكلفة، وموثوق بها بيئيا لتشكيل هذه الأسطح لم نتخيلها بعد.

ولكن، إن كنا نبحث في الموضوع بجدية، علينا إذن أن نطرح أسئلة معينة: مع التسليم بأن أي خطة لتشكيل أسطح الكواكب تستلزم توازنا بين الفوائد والتكلفة، فما مدى وثوقنا في أن المعلومات العلمية الرئيسية لن تدمّر، من ثم، قبل البدء في العمل؟ وما مدى الفهم الذي نحتاج إليه للعالم محل البحث قبل الاتكال على الهندسة الكوكبية لإنتاج البيئة النهائية المرغوبة؟ هل يمكننا أن نضمن التزاما بشريا طويل المدى لصيانة واستكمال عالما مُهندسا، عندما تكون المؤسسات السياسية البشرية قصيرة العمر على هذا النحو؟ وإذا ما تصورنا أن هناك عالما مسكونا ـ وإن كان فقط بكائنات دقيقة ـ فهل من حق البشر القيام بتعديل هذا العالم؟ وما هي مسؤوليتنا في الحفاظ على عوالم المنظومة الشمسية في مجالاتها البرية الراهنة بالنسبة للأجيال القادمة ـ ومن يمكن أن يتأمل في الاستخدامات التي نجهلها الآن ولا نقدر على توقعها؟ ومن الممكن إيجاز هذه الأسئلة في سؤال واحد أخير: هل يمكننا، نحن الذين أوقعنا مثل هذه الفوضى في عالمنا، أن نكون أهلا للثقة بالنسبة للعوالم الأخرى؟

من المفهوم تماما أن بعض التقنيات، التي يمكن في نهاية المطاف أن تشكل أسطح العوالم الأخرى، يمكن تطبيقها لتخفيف الأضرار التي أحدثناها

بعالمنا. وإذا ما وضعنا بعين الاعتبار الحاجات الملحة نسبيا، فثمة دلالة مفيدة متعلقة بأن الجنس البشري سيصبح مستعدا للنظر في عملية تشكيل أسطح العوالم الأخرى بجدية عندما نضع عالمنا الخاص في الطريق الصحيح. إن هذه المسألة تمثل اختبارا لمدى عمق فهمنا والتزامنا. فالخطوة الأولى في هندسة المنظومة الشمسية تكمن في ضمان قابلية كوكبنا للسكنى.

وحينئذ، فإننا سنصبح مستعدين لمدّ وجودنا إلى الكويكبات السيارة والمذنبات والمريخ وأقمار المنظومة الشمسية الخارجية الأبعد، وما وراء ذلك. وقد لا يكون تنبؤ جاك ويليامسون بأن هذه العملية سوف تبدأ في التحقق مع حلول القرن الثاني والعشرين بعيدا عن الموضوع.

إن فكرة أن يعيش أخلافنا على عوالم أخرى ويعملوا عليها ويحركوا بعضها من أجل راحتهم تعد من أكثر قصص الخيال العلمي النابضة بالحياة. فلنكن واقعيين ـ هكذا ينصح صوت ما في ذهني. ولكن هذا شيء واقعي. نحن على الخط الفاصل للتكنولوجيا، بالقرب من النقطة المتوسطة بين المستحيل والمألوف. ومن السهولة أن نتصارع حول هذا الأمر. وإذا لم نقم بشيء مروع لأنفسنا في الفترة الفاصلة، ففي قرن آخر قد لا تبدو عملية تشكيل أسطح الكواكب أكثر استحالة مما تقوم به الآن محطة فضاء يتولاها البشر.

أعتقد أن خبرة الحياة على عوالم أخرى كفيلة بأن تغيرنا. وأخلافنا الذين سيولدون وبكبرون في أماكن أخرى سوف يبدأون ، على نحو طبيعي، بأن يدينوا بالولاء الأساسي لعوالم ميلادهم، مهما كانت العاطفة التي يحتفظون بها لكوكب الأرض. ولسوف تختلف بالكامل احتياجاتهم المادية، وأساليبهم لسد هذه الاحتياجات، وتكنولوجياتهم، فضلا عن أبنيتهم الاجتماعية.

إن نصل العشب يعد شيئا عاديا على كوكب الأرض، ولكنه قد يكون معجزة على كوكب المريخ. وسيدرك أخلافنا على المريخ قيمة رقعة الخضرة. وإذا كان نصل العشب لا ثمن له، فما قيمة الإنسان؟ إن الثائر الأمريكي توم بين كانت لديه مثل هذه الأفكار عند وصفه لمعاصريه:

إن الاحتياجات التي تصاحب بالضرورة زراعة الأراضي القفر والتي تُحدث أثناء ذلك حالة لمجتمع أرهقت بلدانه زمنا طويلا بالمشاجرات والمكائد

مع الحكومات، هذه الاحتياجات أهمل تذكرها . وفي مثل هذا الموقف، يصبح الإنسان ما كان ينبغي أن يكون. إنه يرى نوعه... باعتباره من أسرة واحدة ذات أصل واحد.

وعندما يرون مباشرة سلسلة من العوالم القاحلة والمقفرة، فمن الطبيعي أن يحيي أحفادنا، جيل سفن الفضاء، ذكرى الحياة. ومع ما تعلموه من سيطرة جنسنا على كوكب الأرض، فإنهم قد يرغبون في تطبيق هذه الدروس على العوالم الأخرى ـ لتوفير المعاناة على الأجيال القادمة، تلك المعاناة التي كان أسلافهم مضطرين لخوضها لاستقاء الخبرة والأخطاء ونحن نبدأ في تطور بلا نهاية في عالم الفضاء.

20 الظلام

هناك مراقبون في السماء،
بعيدا جدا، يختفون عن
عيون النهار

يوريبيدس (406 قبل الميلاد)

عندما كنا أطفالا، كنا نخاف الظلام. فقد يوجد أي شيء هناك في الخارج. كان المجهول يصيبنا بالاضطراب.

ومن المثير للسخرية، أن قدرنا هو أن نعيش في الظلام. إن هذا الكشف غير المتوقع للعلم يبلغ عمره ثلاثة قرون فحسب. فإذا انطلقنا خارج كوكب الأرض، في أي اتجاه نختاره، فإننا ـ وبعد وميض أولي أزرق وفترة انتظار حتى تشحب الشمس ـ سنجد أنفسنا محاطين بالظلام، اللهم إلا بعض نقاط الضوء، من النجوم الشاحبة البعيدة، تتناثر هنا وهناك.

وحتى بعدما كبرنا، لا يزال الظلام يحتفظ بقدرته على إخافتنا. ومن هنا، فثمة من يقولون إننا يجب ألا نستعلم بدقة أكثر مما ينبغي عمن يعيش هناك في الظلام. ويقولون: من الأفضل ألا نعرف.

هناك 400 بليون نجم في مجرة درب التبانة. فهل يمكن، من بين هذا العدد الضخم، أن تكون شمسنا الرتيبة هي الشمس الوحيدة التي تمتلك كوكبا مأهولا؟ ربما. وربما كان أصل الحياة أو الذكاء بعيد الاحتمال إلى أبعد حد. أو ربما تنشأ

الحضارات دائما، ولكنها تمحو نفسها حالما تتمكن من ذلك.

أو ربما تتناثر عبر أرجاء الفضاء، في مدارات حول شموس أخرى، عوالم مثل عالمنا، تضم كائنات أخرى تحدق لأعلى وتتعجب هي الأخرى، مثلما نتعجب، بشأن من يعيش في هذا الظلام. هل يموج درب التبانة بالحياة والذكاء ـ عوالم تنادي عوالم أخرى ـ بينما نحن على كوكب الأرض نقف عند اللحظة الحرجة حين نقرر للمرة الأولى أن نرهف السمع.

لقد اكتشف نوعنا أسلوبا للاتصال من خلال الظلام لتجاوز مسافات هائلة. ولا توجد وسيلة للمواصلات أسرع أو أرخص، أو حتى تصل لأبعد من ذلك. وتسمى هذه الوسيلة الراديو.

بعد بلايين السنين من التطور البيولوجي ـ على كوكبنا وكوكبهم ـ فإن حضارة غريبة عنا لا يمكن أن يكون لديها خطونا التكنولوجي نفسه. لقد كان البشر موجودين منذ أكثر من 20 ألف قرن، ولكن عُمر الراديو يبلغ قرنا واحدا فقط. وإذا ما كانت الحضارات الغريبة متخلفة عنا، فمن المرجح أنها حضارات بعيدة جدا عن امتلاك الردايو، وإذا كانت هذه الحضارات أكثر تقدما منا، فمن المرجح أن تقدمها يتجاوزنا كثيرا، ولنفكر في التقدم التكنولوجي على عالمنا على مدى القرون القليلة الماضية فحسب. إن ما يُعد بالنسبة لنا صعبا أو مستحيلا تكنولوجيا، وما يمكن أن يبدو بالنسبة لنا كالسحر، قد يكون سهلا إلى حد الابتذال بالنسبة لهم. فقد يكون بإمكانهم استخدام وسيلة أخرى شديدة التقدم للاتصال بأندادهم، ويعرفون ما يتعلق بالراديو كمدخل لحضارات حديثة الظهور. وحتى مع مستوى تكنولوجي لا يزيد عن مستوانا في نقل الرسائل وتسلمها، فإن بإمكاننا الاتصال اليوم عبر كثير من أرجاء المجرة. وينبغي أن يكونوا قادرين على القيام بما هو أفضل من ذلك.

هذا، إذا ما كانت هذه الحضارات موجودة بالفعل.

ولكن خوفنا من الظلام يتمرد. إن فكرة وجود كائنات غريبة تقلقنا. ونستحضر الاعتراضات إلى أذهاننا:

«**إن الأمر باهظ التكلفة**». ولكنه، بالتغيير التكنولوجي الحديث الأكمل، يكلف أقل من هجوم واحد بالطائرة الهليوكوبتر في السنة.

«**إننا لا نفهم أبدا ماذا يقولون**». ولكن، نظرا لأن الرسالة تُبعث عن

طريق الراديو، فيجب أن يمتلك كلانا فيزياء الراديو وعلم فلك الراديو وتكنولوجيا الراديو. إن قوانين الطبيعة هي نفسها في كل مكان، ولذا فإن العلم نفسه سوف يوفر وسيلة ولغة اتصال حتى بين أنواع مختلفة تماما من الكائنات ـ شريطة أن يمتلك كلاهما العلم. إن فك طلاسم الرسالة، إذا ما حالفنا الحظ في تسلمها، قد يكون أسهل كثيرا من الحصول على الرسالة ذاتها.

«**قد تهبط معنوياتنا إذا ما عرفنا أن علومنا بدائية**». ولكن بمعايير القرون القليلة القادمة، سوف يعتبر البعض على الأقل من علومنا الحالية بدائيا، سواء أكانت علوما أرضية أو غير أرضية. (وسيصدق الشيء نفسه على سياساتنا الحالية وأخلاقياتنا واقتصادياتنا وديننا). إن تجاوز الوضع الحالي للعلم يُعد أحد الأهداف الرئيسية للعلم. ولن يقع الطلاب الجادون عموما في هوة اليأس عند تقليب صفحات كتاب مدرسي واكتشاف أن هناك موضوعات أخرى معروفة للمؤلف ولكنها غير معروفة لهم بعد. فالطلاب عادة يناضلون قليلا، ويكتسبون المعرفة الجديدة، ويستمرون في تقليب الصفحات، وفقا للتقليد البشري القديم.

«**على مر التاريخ، كانت الحضارات المتقدمة تبيد الحضارات التي تأخرت عنها قليلا**». هذا صحيح بالتأكيد. ولكن الغرباء الحاقدين، إذا ما كانوا موجودين، لن يكتشفوا وجودنا من حقيقة أننا نستمع. فبرامج البث تستقبل فقط ولكن لا تُرسل [1].

والمناظرة الآن موضع نقاش. لقد وصلنا لمستوى غير مسبوق، ونستمع لإشارات الراديو المنبعثة من حضارات أخرى محتملة في أعماق الفضاء. إن الذين يعيشون الآن هم أول جيل من العلماء الذين يستنطقون الظلام. وقد يكونون أيضا آخر جيل قبل أن يتم الاتصال ـ إنها اللحظة الأخيرة قبل أن نكتشف أن هناك في الظلام من ينادينا.

إن هذا النوع من التنقيب يسمى «البحث عن ذكاء خارج الأرض»، وسوف أقوم بوصف مدى ما وصلنا إليه.

إن أول برنامج من أجل «البحث عن ذكاء خارج الأرض» قام بتنفيذه فرانك دريك بالمرصد القومي لفلك الراديو في جرين باند بولاية وست فيرجينيا العام 1960. لقد قام بالاستماع إلى نجمين قريبين يشبهان الشمس

مدة أسبوعين وعلى تردد واحد معين. (كلمة «قريبين» تعد نسبية: فالأقرب كان يبعد بمقدار 12 سنة ضوئية ـ أي 70 تريليون ميل).

وتقريبا عندما أدار دريك تلسكوبه الراديوي وبدأ في تشغيل النظام، التقط إشارة شديدة القوة. هل كانت رسالة من كائنات غريبة؟ وبعدئذ بعدت الإشارة. وإذا كانت الإشارة تختفي فإنك لا تستطيع أن تفحصها بدقة. ولا يمكنك أن ترى ما إذا كانت تتحرك مع السماء، بسبب دوران كوكب الأرض. وإذا لم تتكرر الإشارة، فإنك لن تتعلم منها أي شيء تقريبا ـ ربما تكون تداخلات راديوية أرضية، أو إخفاقا للمكبر أو المقوِّم أو تكون إشارة من الغرباء. إن البيانات غير القابلة للتكرار، بصرف النظر عن كيف يتصورها العلماء في مخيلاتهم، لا تساوي شيئا.

بعد ذلك بأسابيع، سُمعت الإشارة مرة أخرى، واتضح في النهاية أن طائرة عسكرية تذيع على تردد غير مسموح به. لقد سجل دريك نتائج سلبية. ولكن نتيجة سلبية في العلم تختلف تماما عن الفشل. لقد كان إنجازه الكبير تبيانا لقدرة التكنولوجيا الحديثة على الاستماع لإشارات من حضارات افتراضية على كواكب النجوم الأخرى.

ومنذ ذلك الحين، كان هناك عدد من المحاولات، في وقت تم اقتراضه من برامج رصد أخرى بالتلسكوبات الراديوية، ولم يزد أبدا عن شهور. كما كانت هناك إنذارات كاذبة في ولاية أوهيو وفي أرسيبو وبورتريكو وفرنسا وروسيا وغيرها من الأماكن؛ ولكن لا شيء يمكن أن يمر بالمجتمع العلمي العالمي دون دراسة.

وفي غضون ذلك، أخذت تكنولوجيا كشف الصوت تصبح أرخص سعرا، كما تواصل دقة الحساسية التحسن، واستمر تطور الاحترام العلمي لبرنامج البحث عن الذكاء غير الأرضي ـ حتى ناسا والكونجرس أصبحا أقل خوفا في مساندة البرنامج. إن الاستراتيجيات البحثية المتنوعة والمكملة تعد ممكنة وضرورية. لقد أصبح واضحا منذ سنوات أنه إذا استمر في هذا الاتجاه، فإن التكنولوجيا المتعلقة بالجهد الرحب لبرنامج البحث عن الذكاء غير الأرضي ستكون في نهاية المطاف، في متناول يد حتى المنظمات الخاصة (أو الأفراد الأثرياء)؛ وعاجلا أم آجلا ستكون الحكومة مستعدة لدعم برنامج رئيسي. وبعد 30 سنة من العمل، وبالنسبة للبعض منا، لم يكن الأمر عاجلا

بل بالأحرى آجلا. ولكن أخيرا آن الأوان.

لقد قمت في العام 1980 مع بروس موراي، الذي أصبح بعدئذ مدير مختبر الدفع النفثي، بتأسيس الجمعية الكوكبية. وهي منظمة ذات عضوية غير هادفة للربح تكرس جهودها لأغراض الاستكشاف الكوكبي عن الحياة غير الأرضية. وقد قام بول هوروڤيتز، وهو فيزيائي بجامعة هارڤارد بتقديم عدد من الابتكارات المهمة لبرنامج البحث عن الذكاء غير الأرضي، وكان متشوقا لتجريبها. وكنا نعتقد أننا إذا استطعنا أن نجد النقود كي يبدأ، فإن بإمكاننا أن نواصل دعم البرنامج عن طريق التبرعات من أعضاء جمعيتنا.

وفي العام 1983، اقترحت أنا وآن درويان على المخرج ستيڤن سبيلبرج أن يدعم هذا المشروع المثالي بالنسبة له. وقد قام بتحطيم تقاليد هوليوود ونقل في فيلميّه السينمائيين الناجحيّن فكرة أن الكائنات غير الأرضية قد لا تكون عدائية أو خطرة. وقد وافق سبيلبرج. ومع دعمه الأولي من خلال الجمعية الكوكبية، بدأ مشروع «ميتا» (META Projct).

إن كلمة «ميتا» (META) ومعناها مشروع القناة الضخم خارج كوكب الأرض «Megachannel Extra Terrestrial Assay». إن التردد المنفرد للنظام الأول الذي قدمه دريك ارتفع إلى 8,4 مليون. ولكن، في كل قناة وكل «محطة»، كنا نحاول الحصول على مدى تردد ضيق إلى حد كبير. ولا توجد أي عمليات معروفة بين النجوم والمجرات من شأنها توليد «ترددات» الراديو الحادة هذه. وإذا ما التقطنا أي شيء يقع في أي قناة ضيقة على هذا النحو، فإنها يجب ـ كما نعتقد ـ أن تكون رمزا للذكاء والتكنولوجيا.

والأكثر من ذلك، أن الأرض تدور ـ وهو ما يعني أن أي مصدر راديوي بعيد ستكون له حركة ظاهرة ضخمة، مثل شروق النجوم وغروبها، تشبه تماما الأضواء الأمامية المنتظمة للسيارة عندما تتحرك. ولذا، فأي مصدر راديوي أصيل من خارج الأرض سوف يظهر انحرافا منتظما في التردد نتيجة لدوران الأرض. وفي المقابل، فأي مصدر نابع عن تداخل الراديو على سطح الأرض سوف يدور بسرعة مستقبِل «ميتا» نفسها. إن ترددات الاستماع الخاصة بـ «ميتا» تتغير بانتظام للتعويض عن دوران الأرض، بحيث إن أي إشارات ضيقة من السماء سوف تظهر دائما في قناة منفردة. ولكن أي تدخل راديوي هنا على كوكب الأرض، سوف ينأى بنفسه بعيدا عن

طريق التسابق عبر القنوات المتاخمة.

إن التلسكوب الراديوي الخاص بـ «ميتا» بجامعة هارفارد بولاية ماساشوستس، يصل قطره إلى 26 مترا ـ أي حوالي 84 قدما. وكل يوم، يؤدي دوران الأرض إلى دوران التلسكوب أسفل السماء، ومن ثم يُفحص صف من النجوم أضيق من القمر المكتمل يجري برشاقة. وفي اليوم التالي، يُفحص الصف المتاخم. وعلى مدى سنة، تراقب السماء الشمالية كلها وجزء من السماء الجنوبية. وهناك نظام مماثل ممول، أيضا، من جانب الجمعية الكوكبية، يعمل بالتحديد خارج بوينس أيريس بالأرجنتين لفحص السماء الجنوبية. وهكذا، فإن نظامي «ميتا» يستكشفان السماء بأكملها.

إن التلسكوب الراديوي، المرتبط بالأرض الدوارة بفعل الجاذبية، ينعم النظر لمدة دقيقتين في أي نجم، ثم ينتقل بعد ذلك إلى النجم التالي. وعدد 8,4 مليون قناة يبدو كبيرا جدا، ولكن علينا أن نتذكر أن كل قناة ضيقة جدا. وتشكل القنوات معا أجزاء ضئيلة من الـ 100 ألف التي يتكون منها طيف الراديو المتاح. ومن هنا علينا أن نضع مؤقتا 8,4 مليون قناة في مكان ما بطيف الراديو لكل سنة رصد، بالقرب من تردد ما، بحيث يمكن لأي حضارة غريبة لا تعلم شيئا عنا أن تستنتج أننا نستمع إليها.

إن الهيدروجين هو أكثر أنواع الذرات توافرا في الكون. فذراته منثورة في السحب، وهو منتشر كغاز في أرجاء الفضاء الواقع بين النجوم. وعندما يكتسب طاقة فإنه يحرر البعض منها عن طريق إطلاق موجات راديو على التردد الدقيق وهو 1420,405751768 ميجا هيرتز (الهيرتز الواحد يعني قمة وقاع الموجة التي تصل إلى آلة الكشف (إدراك الصوت) التي بحوزتك في كل ثانية. ولذا فإن 1420 ميجاهيرتز تعني 1,420 بليون موجة تدخل إلى جهاز الكشف كل ثانية. ونظرا لأن طول موجة الضوء تعادل تحديدا سرعة الضوء مقسومة على تردد الموجة، فإن 1420 ميجاهيرتز تماثل موجة يبلغ طولها 21 سنتيمترا). إن الفلكيين المعنيين بدراسة الراديو في أي مكان بالمجرة سوف يتأملون الكون عند 1420 ميجاهيرتز، ويمكنهم أن يتوقعوا وجود فلكيين آخرين معنيين بدراسة الراديو يفعلون الشيء نفسه، بغض النظر عن مدى اختلاف ما قد ينظر إليه كلاهما.

ويماثل الأمر كما لو أن شخصا ما أخبرك أن هناك محطة واحدة على

موجة تردد جهاز الراديو بمنزلك ولكن لا أحد يعرف ترددها. وهناك شيء آخر: إن لوحة ترددات جهاز الراديو لديك والمزودة بمؤشر نحيل يمكنك عن طريق تدوير مقبض، ويتصادف أن يرسل شيء من الأرض إلى القمر. ومن أجل البحث بصورة منتظمة خلال هذا الطيف الراديوي الضخم، فإن إدارة المقبض بصبر، يوفر كثيرا من الوقت. إن مشكلتك هي وضع اللوحة في المكان الصحيح منذ البداية، واختيار التردد الصحيح. وإذا كان بإمكانك التخمين بشكل صحيح بالترددات التي تبثها الكائنات غير الأرضية لنا ـ الترددات «السحرية» ـ عندئذ يمكنك أن توفر الوقت والمشاكل. هذه هي أنواع الأسباب التي سمعناها في البداية، كما فعل دريك، في حالة الترددات التي تقترب من 1420 ميجاهيرتز ـ التردد «السحري» الهيدروجيني.

قمت مع هوروڤيتز بنشر النتائج التفصيلية الناجمة عن خمس سنوات من البحث المضني في مشروع «ميتا»، إضافة إلى سنتين من المتابعة. ولا يمكننا الإفادة بأننا وجدنا إشارة من كائنات غريبة، ولكننا توصلنا بالفعل إلى شيء ملغز، شيء يحيرني طول الوقت:

هناك، بطبيعة الحال، مستوى خلفي لضوضاء الراديو المنبعثة من كوكب الأرض ـ محطات الراديو والتليفزيون، والطائرات، والتليفونات المحمولة، وسفن الفضاء القريبة والبعيدة. وأيضا، كما هو الحال مع كل مستقبلات الراديو، كلما انتظرت لفترة أطول كان من المرجح وجود بعض التموجات العشوائية في الإلكترونيات القوية جدا لدرجة أنها تولد إشارة زائفة. ولذا فإننا نجهل أي شيء يرتفع صوته عن أصوات الخلفية.

إن أي إشارة ذات نطاق ذبذبات ضيق وقوي تبقى في قناة واحدة، نأخذها مأخذا جديا. وبما أن «ميتا» تقوم بتسجيل البيانات، فإنها تقوم بصورة تلقائية بإبلاغ العاملين من البشر بالانتباه إلى إشارات بعينها. وعلى مدى خمس سنوات، قمنا بحوالي 60 تريليون عملية رصد على مختلف الترددات، أثناء فحصنا الأجزاء التي يمكن الوصول إليها من السماء. وهناك عشرات الإشارات التي تبقى على الخداع، وتكون عُرضة لمزيد من الفحص والتدقيق، ولكن يتم رفضها كلها تقريبا ـ وذلك، على سبيل المثال، لأن خطأ ما يكتشف عن طريق المشغلات الصغيرة الكاشفة للأخطاء، والتي تختبر المشغلات الصغيرة التي تقوم باقتفاء الإشارة.

ما تبقى هو أحد عشر «حدثا» ـ أقوى الإشارات المرشحة بعد ثلاثة مسوح للسماء. إنهم يستوفون جميع معاييرنا ما عدا واحدا بالنسبة لما نعتبره إشارة غريبة أصلية. ولكن المعيار الناقص يمثل أهمية كبرى: إنه عملية التحقق. إننا لم نتمكن أبدا من أن نجد أي إشارة منها مرة ثانية. إننا ننظر للخلف، إلى ذلك الجزء من السماء بعد ذلك بثلاث دقائق ولا نجد أي شيء هناك. وننظر ثانية في اليوم التالي، ولا نجد أي شيء، ونقوم بالاختبار بعد ذلك بعام أو سبعة أعوام، ولكن لا يزال لا يوجد أي شيء هناك.

ويبدو من غير المرجح أن كل إشارة نحصل عليها من الحضارة الغريبة تتوقف بعد أن نبدأ في الاستماع إليها بدقيقتين، ولا تتكرر أبدا. (كيف يمكن أن يعرفوا أننا منتبهون؟). ولكن من المحتمل أن يكون هذا تأثير الوميض، فالنجوم تومض لأن هناك أجزاء من الهواء المضطرب تتحرك عبر خط الرؤية بين النجم وبيننا. وأحيانا تسلك أجزاء الهواء هذه كعدسة وتتسبب في تجمع أشعة الضوء القادمة من أي نجم، بحيث يصبح أكثر لمعانا للحظة. وبالمثل، فإن المصادر الراديوية الفلكية يمكن أن تومض أيضا ـ بسبب سحب الغازات المشحونة كهربيا (أو «المتأينة») في الفراغ العظيم القريب فيما بين النجوم. إننا نرصد هذا العمل على نحو روتيني في حالة البُلسارات.

تخيل وجود إشارة راديو تقل شدتها قليلا عما يمكن أن نكتشفه بطريقة أخرى على كوكب الأرض أحيانا. وأن الإشارة وبالصدفة، ستتركز مؤقتا وتظهر في مدى كشف تلسكوباتنا الراديوية. الأمر المثير يكمن في أن فترات حياة مثل هذا اللمعان، التي يمكن التنبؤ بها عن طريق فيزياء الغازات بين النجمية، تستمر لدقائق قليلة ـ وفرصة معاودة الحصول على الإشارة تكون محدودة. إن ما ينبغي علينا بالفعل هو أن نتوجه بثبات إلى هذه المناطق في السماء ونراقبها لشهور.

وعلى الرغم من عدم تكرار أي من هذه الإشارات، فهناك حقيقة أخرى بشأنها لا أملّ من التفكير فيها: إن 8 من 11 من أفضل الإشارات المرشحة تقع في، أو بالقرب من، مستوى مجرة درب التبانة. ويقع الخمس الأقوى في كوكبات ذات الكرس (Cassiopeia) ووحيد القرن (Monoceros) والشجاع (Hydra)، ويقع اثنان في القوس والرامي (Sagittarius) ـ في الاتجاه التقريبي

لمركز المجرة. إن درب التبانة هو حشد مسطح يشبه العجلة من الغازت والغبار والنجوم. وتسطحه هو السبب في أننا نراه كشريط من الضوء ينتشر عبر سماء الليل. وهذا هو موقع مجرتنا. وإذا كانت الإشارات المرشحة لدينا هي بالفعل تداخلات راديوية من كوكب الأرض أو خلل بسيط غير مكتشف في إلكترونيات الكشف، فإننا لا نتحتم أن نراها بصورة مميزة عندما نتوجه إلى درب التبانة.

ولكن، قد يكون لدينا مجموعة خاطئة ومضللة على نحو خاص من الإحصاءات. إن احتمالية هذه العلاقة مع مستوى المجرة يرجع فقط لمصادفة تقل عن نصف في المائة. تخيل خريطة بحجم الحائط للسماء، تتراوح من النجم القطبي في القمة إلى النجوم الأكثر شحوبا التي يتوجه نحوها القطب الجنوبي للأرض إلى أسفل، ونجد عبر هذه الخريطة الجدارية حدودا غير منتظمة لدرب التبانة. افترض أنك معصوب العينين ومطلوب منك أن تلقي خمسة سهام بصورة عشوائية نحو الخريطة (مع جزء كبير من السماء الجنوبية يصعب الوصول إليه، من ماساشوستس، يظهر الحدود). إن عليك أن تلقي بمجموعة السهام الخمسة أكثر من 20 مرة قبل أن تسقط، بالمصادفة، عند تخوم درب التبانة، كما فعلت إشارات «ميتا» الخمس القوية. ومع ذلك، فمن دون تكرار للإشارات، ما من سبيل لاستنتاج أننا قد وجدنا بالفعل ذكاءً غير أرضي.

أو قد يكون ما وجدناه من أحداث ناجما عن بعض الأنواع الجديدة من الظواهر الفلكية الفيزيائية، شيء لم يفكر فيه أحد من قبل، يجعل النجوم أو السحب الغازية (أو شيء ما) وليس الحضارات، هي التي تقع في مستوى درب التبانة وتبعث بإشارات قوية في الترددات الضيقة.

دعونا نسمح لأنفسنا بلحظة من التأمل المتطرف ولنتخيل أن كل الأحداث التي مررنا بها تأتي، في واقع الأمر، نتيجة لإشارات الراديو القادمة من حضارات أخرى. آنئذ ومن كمية الوقت التي أمضيناها في مراقبة كل قطعة من السماء، يمكننا أن نقدر عدد أجهزة الإرسال الموجودة في جميع أنحاء درب التبانة. والإجابة هي عدد يقترب من المليون. وإذا كانت منتشرة عشوائيا خلال الفضاء، فإن أقربها سيبعد مئات قليلة من السنوات الضوئية ويكون أبعد من أن يلتقط إرسالنا التليفزيوني أو إشاراتنا الراديوية. إنهم

لن يعرفوا، لعدد قليل قادم من القرون، أن هناك حضارة تكنولوجية ظهرت على كوكب الأرض. وقد تكون المجرة نابضة بالحياة والذكاء ولكنها تكون غافلة تماما عما يحدث لدينا مؤخرا، ما لم تشغل نفسها باستكشاف أعداد هائلة من منظومات النجوم الغامضة وبعد قرون من الآن، بعد أن يسمعونا بالفعل، يمكن أن تصبح الأمور شديدة الإثارة. ولحسن الحظ، أمامنا عملية إعداد عدد كبير من الأجيال.

ومن ناحية أخرى، إذا لم تكن أي من إشاراتنا المرشحة عبارة عن بث راديوي أصيل قادم من غرباء، إذن فنحن مجبرون، على التوصل إلى نتيجة مفادها أن عددا محدودا جدا من الحضارات يذيع، على الأقل، ما نلتقطه على تردداتنا السحرية ويتميز بقوة كافية تتيح لنا سماعه - وربما لا توجد حضارة تفعل ذلك.

ولنأخذ في الاعتبار حضارة مثل حضارتنا، كرست كل القوى المتاحة لديها (حوالي 10 تريليونات واط) لبث إشارة لاسلكية على واحدة من تردداتنا السحرية في جميع الاتجاهات في الفضاء. إن نتائج «ميتا» عندئذ تتضمن عدم وجود مثل هذه الحضارات حتى مسافة 25 سنة ضوئية - وهو حجم من الكون يشتمل ربما على عشرات النجوم التي تماثل الشمس. ولا يتسم هذا الحد بصرامة شديدة. وفي المقابل، إذا كانت هذه الحضارة تبث مباشرة إلى موقعنا في الفضاء باستخدام هوائي لا يزيد تطوره عن تطور هوائيات مراصدنا، وإذا كانت «ميتا» لم تجد أي شيء، وهو الأمر الذي يستتبعه عدم وجود مثل هذه الحضارات في أي مكان بدرب التبانة - إلى الخارج من 400 بليون نجم وليس نجما واحدا. ولكن حتى إذا افترضنا أن هذه الحضارات ترغب في ذلك، فكيف لها أن تعرف كيفية البث في اتجاهنا؟

والآن، لنأخذ في اعتبارنا الطرف التكنولوجي المعاكس، أي حضارة شديدة التقدم تبث بإحكام شديد وفي جميع الاتجاهات على مستوى قوة أشد 10 تريليونات من المرات (2610 واط - إجمالي مخرجات طاقة نجم مثل الشمس). وبالتالي إذا كانت نتائج «ميتا» سلبية، فإننا يمكن أن نستنتج ليس فقط عدم وجود مثل هذه الحضارات في درب التبانة، وإنما أيضا عدم وجود أي منها حتى مسافة 70 مليون سنة ضوئية - ولا أي حضارة في أقرب مجرة لنا، وهي M31، ولا أي حضارة في المجرة M33، أو في منظومة

الفرن الكيماوي (Fornax)، أو في المجرة M81، أو سديم الدوامة Whirlpool Nebula أو قنطورس، أو برج العذراء بالمجرات، أو مجرات زايفرت القريبة، أو حتى بين أي من المائة تريليون نجم في آلاف المجرات القريبة. وهنا تبرز فكرة مركزية الأرض مرة أخرى.

بطبيعة الحال، ربما لا تمثل المسألة علامة على الذكاء وإنما تمثل علامة على الغباء، وهي أن يصب قدر كبير من الطاقة في عملية الاتصالات بين النجمية (وبين المجرية). ربما كانت لديهم أسباب وجيهة في عدم تحية كل القادمين. أو ربما لا يهتمون بحضارات متأخرة مثل حضارتنا. ومع ذلك، فليست هناك حضارة واحدة بين مائة تريليون نجم تبث بمثل هذه القوة على مثل هذا التردد؟ فإذا كانت نتائج «ميتا» سلبية، فإننا نكون بهذا قد وضعنا حدا لمعرفتنا ـ ولكن، ماذا عن وفرة من الحضارات شديدة التقدم أو عن استراتيجية اتصالاتها ـ والتي لا نملك وسيلة لمعرفتها. وحتى إذا لم تجد «ميتا» شيئا ما، فهناك مجال متوسط عريض سيظل مفتوحا ـ يتعلق بوجود عدد وافر من الحضارات الأكثر تقدما عن حضارتنا ويقوم بالبث في جميع الاتجاهات على الترددات السحرية. وهذا يعني أننا لم نسمعها بعد.

في 12 أكتوبر 1992، وفي الذكرى الميمونة، الذكرى الخمسمائة «لاكتشاف» كريستوفر كولومبس لأمريكا، قامت ناسا بتشغيل برنامجها الجديد «البحث عن ذكاء خارج الأرض». وفي تلسكوب راديوي بصحراء موجافي، بدأ بحث يهدف إلى تغطية كل السماء بصورة منظمة ـ على غرار «ميتا»، دون تخمينات حول أي النجوم أكثر رجحانا، بل حول أنها أكثر شدة في توسيع مدى تغطية الترددات. وفي مرصد إيرسيبو بدأت ناسا دراسة أكثر دقة، وبدرجة مساوية، ركزت على منظومات النجوم القريبة الواعدة. وعندما يعمل برنامج ناسا بكامل طاقته، فإنه قد يصبح قادرا على اكتشاف إشارات أضعف من الإشارات التي كشفت عنها «ميتا»، بل وسيبحث عن الإشارات التي لم تقدر عليها «ميتا».

إن تجربة مشروع «ميتا» تكشف عن كميات هائلة من الإحصاءات الموازية وتداخلات الراديو. إن إعادة رصد سريعة وتأكيدا للإشارة ـ وخاصة بواسطة تلسكوبات راديوية مستقلة أخرى ـ تعد السبيل الوحيد لتأكدنا.

وقد قمت أنا وهوروفيتز بإعطاء علماء ناسا الإحداثيات الخاصة بحالاتنا السريعة الزوال والمبهمة، فلربما يقدرون على تأكيد وتوضيح نتائجها. كان برنامج ناسا يقوم أيضا بتطوير تكنولوجيا جديدة، ويعمل على تحفيز الأفكار، وإثارة أطفال المدارس. وكان الموضوع في عيون الكثيرين، يستحق بجدارة الـ 10 ملايين دولار التي أنفقت عليه في عام. ولكن، بعد عام من بدء المشروع تقريبا، أوقف الكونجرس دعم برنامج «البحث عن ذكاء خارج الأرض» التابع لناسا. وقال أعضاؤه إنه يكلف كثيرا. في حين تزيد ميزانية دفاع الولايات المتحدة، بعد مرحلة الحرب الباردة، بحوالي 30 ألف مرة.

كان السيناتور ريتشارد بريان من نيفادا أحد المعارضين الرئيسيين لبرنامج «البحث عن ذكاء خارج الأرض» التابع لناسا، وكانت حجته الأساسية على النحو التالي: (مقتطف من سجل الكونجرس في 22 سبتمبر العام 1993):

حتى الآن لم يجد برنامج «البحث عن ذكاء خارج الأرض» التابع لناسا أي شيء. والواقع أنه على امتداد العقود التي بحثت فيها ناسا عن ذكاء خارج الأرض لم تجد أي علامة مؤكدة على ذلك.

وحتى مع صيغة ناسا الحالية بشأن برنامج «البحث عن ذكاء خارج الأرض»، فإنني لا أعتقد أن كثيرا من علمائها مستعدون لضمان ترجيح أن نرى أي نتائج ملموسة في المستقبل (القريب).

إن البحث العلمي نادرا، إن لم يكن أبدا، ما يقدم ضمانات للنجاح ـ وأنا أفهم ذلك ـ فالفوائد الكاملة لمثل هذا البحث عادة ما تكون غير معروفة حتى فترة متأخرة من العملية ذاتها، وأنا أقبل هذا الأمر أيضا.

ومع ذلك، وفي حالة برنامج «البحث عن ذكاء خارج الأرض» فإن فرص النجاح بعيدة جدا والنتائج المتوقعة للبرنامج محدودة بشدة، ولا توجد سوى مبررات قليلة لإنفاق 12 مليون دولار يقوم بسدادها دافعو الضرائب.

ولكن، كيف لنا أن «نضمن» وجود «ذكاء خارج الأرض» قبل أن نجده بالفعل؟ وكيف، من الناحية الأخرى، يتسنى لنا معرفة أن فرص النجاح «بعيدة»؟ وإذا وجدنا ذكاء خارج الأرض، فهل الأرجح أن النتائج ستكون بالفعل «محدودة بشدة»؟ وكما هو الحال في جميع المشاريع الاستكشافية الكبرى، فإ ننا لا نعرف ماذا سنجد، ولا نعرف مدى احتمال وجوده. وإذا

عرفنا، لا يتحتم علينا عندئذ أن نبحث.

إن برنامج «البحث عن ذكاء خارج الأرض» يعد من برامج البحث التي تثير غضب أولئك الذين يريدون نسبة تكلفة / فوائد محددة جدا. وإذا كان بإمكاننا أن نجد ذكاء خارج الأرض فكم نحتاج من وقت لنجده، وكم سيتكلف البحث عنه...؟ هي كلها أمور غير معروفة. إن الفوائد قد تكون عظيمة، ولكن ليس بإمكاننا بالفعل الوثوق حتى في هذه المسألة. ومن البلاهة بطبيعة الحال، إنفاق جزء أساسي من أموال الخزانة القومية على مثل هذه المشاريع، ولكنني أتساءل عما إذا كان بالإمكان أن تقوم الحضارات إلا بمدى تنبهها لمحاولة حل المشكلات الكبرى.

وعلى الرغم من تلك العقبات، فإن مجموعة من العلماء والمهندسين المكرسين لهذا الغرض والمتمركزين في معهد «البحث عن ذكاء خارج الأرض» في بالو ألتو بكاليفورنيا، قرروا الاستمرار في البحث سواء بالحكومة أو من دونها. وقد سمحت لهم ناسا باستخدام المعدات التي دُفع ثمنها بالفعل؛ كما أن هناك قادة صناعة الإلكترونيات وهبوا ملايين عدة من الدولارات لهذه العملية؛ وهناك على الأقل تلسكوب راديوي واحد مناسب؛ والمراحل الأولية لهذا البرنامج الأكبر من بين كل برامج «البحث عن ذكاء خارج الأرض» تسير في طريقها. وإذا ما استطاع البرنامج توضيح إمكان القيام بمسح مفيد للسماء دون الوقوع في شرك الضوضاء الخلفية ـ وخاصة مع وجود إشارات مرشحة غير مُفسَّرة بعد من خبرة «ميتا» ـ فلربما يغير الكونجرس رأيه مرة أخرى ويمول المشروع.

وفي غضون ذلك، أتى بول هوروفيتز ببرنامج جديد يسمى «بيتا» ـ وهو يختلف عن «ميتا» وعما كانت ناسا تقوم به. إن كلمة «بيتا» (BETA) هي الحروف الأولى من (Billion - Channel Extra Terrestria1 Assay) ومعناها «مشروع البليون قناة خارج كوكب الأرض، وهو برنامج يدمج حساسية نطاق ضيق من الذبذبات مع تغطية واسعة للترددات، فضلا عن وجود طريقة ماهرة للتحقق من الإشارات عند الكشف عنها. وإذا ما استطاعت الجمعية الكوكبية أن تجد دعما إضافيا، فإن هذا النظام ـ الذي يعد أرخص تكلفة بكثير من برنامج ناسا السابق ـ ينبغي أن يعلن قريبا.

تُرى هل أرغب في الاعتقاد بأننا قد اكتشفنا بواسطة مشروع «ميتا»

رسائل حضارات أخرى بعيدة عن كوكب الأرض متناثرة في الظلام عبر أرجاء مجرة درب التبانة الفسيحة؟ أؤكد لكم ذلك، فبعد عقود من البحث والدراسة في هذه المشكلة أعتقد أننا قد فعلنا ذلك بالطبع. فمثل هذا الاكتشاف يمثل إثارة شديدة بالنسبة لي. فهو اكتشاف قد يغير كل شيء. وربما كنا نسمع كائنات أخرى، تطورت بصورة مستقلة عبر بلايين السنين، وترى الكون بطريقة مختلفة تماما، وربما تكون أذكى ولكنها بالتأكيد طريقة غير بشرية. تُرى، ما قدر ما يعرفونه من معارف لا نعرفها؟

بالنسبة لي، لا توجد إشارات، ولا أحد يستنجد بنا في أمل يائس. إنه «الصمت الكامل» ـ هكذا قال جان جاك روسو في سياق آخر ـ «الذي يولد الكآبة، إنها صورة الموت». ولكنني أقول مع هنري ديفيد ثورو: «لماذا أشعر أنني وحيد؟ ألا يقع كوكبنا في مجرة درب التبانة؟».

إن إدراك وجود مثل هذه الكائنات وأنها يتحتم أن تختلف عنا تماما، وفقا لما تقتضيه عملية التطور، قد يحوي كناية مدهشة: مهما كانت تفاهة الاختلافات التي تفرق بيننا هنا أسفل على كوكب الأرض مقارنة بالاختلافات بين أي فرد منا وأي منهم. قد تكون المسافة طويلة بيننا، ولكن اكتشاف الذكاء خارج الأرض يمكن أن يلعب دورا في توحيد كوكبنا المنقسم كثير النزاعات. إنه قد يكون آخر الاستنزالات الكبرى للمكانة، وطقسا انتقاليا لجنسنا وحدثا تحويليا في إطار البحث القديم لاكتشاف موقعنا في الكون.

إننا في إطار انبهارنا ببرنامج «البحث عن الذكاء خارج الأرض»، قد يغوينا الخضوع للاعتقاد بوجود ذكاء خارج الأرض، حتى من دون دليل؛ وهنا نقع ضحايا للأهواء والحماقة. إننا يجب أن نتنازل عن شكوكنا أمام دليل قوي فحسب. إن العلم يتطلب التحمُّل في مواجهة الغموض. وأينما كنا جاهلين، علينا أن نتمسك بالإيمان. وأيا كان الانزعاج المتولد عن عدم اليقين فإنه يخدم غرضا أسمى: إنه يقودنا إلى تراكم أفضل للبيانات. وهذا الموقف هو الفرق بين العلم وأي شيء آخر. إن العلم يمنح القليل في طريق الإثارة الرخيصة. ولكن معايير الدليل حازمة؟ ولكن إذا ما اتبعناها فإنها تتيح لنا أن نرى بعيدا، بل وتنير حتى ظلاما دامسا.

21 إلى السماء

دُلِّيت سلالم السماء، من أجله كي يمكنه الصعود إليها.
فيا أيتها الآلهة، احملي بأذرعك الملك:
ارفعيه، واصعدي به إلى السماء.
إلى السماء، إلى السماء
ترنيمة لفرعون متوفى
(مصر، 2600 قبل الميلاد)

عندما كان جداي أطفالا صغارا، فإن الضوء الكهربائي والسيارة والطائرة والراديو كانت صور التقدم التكنولوجي المذهلة وأعاجيب العصر. وقد تسمع القصص (الجامحة حول هذه الأعاجيب ولكنك لن تجد أيا منها في تلك القرية الصغيرة في المنطقة النمساوية ـ المجرية بالقرب من شواطئ نهر بَجّ. ولكن، في تلك الفترة نفسها، عند منعطف القرن الماضي، كان هناك رجلان يتطلعان نحو اختراعات أخرى أكثر طموحا ـ هما قنسطنطين تسيلكوفسكي، العالم النظري، وهو مدرس أصم تقريبا يعمل في مدينة روسية نائية في إقليم كالوجا؛ وروبرت جودار، وهو مهندس وأستاذ بمعهد أمريكي مغمور في ولاية ماساشوستس. وقد حلما باستخدام الصواريخ في رحلة إلى النجوم والكواكب. وخطوة بخطوة أوجدا الفيزياء الأساسية اللازمة وكثيرا من التفاصيل. وتدريجيا، اتخذت ماكيناتهم شكلا. وفي نهاية المطاف، أثبت حلمهما أنه قابل للانتشار بسهولة.

وفي عصرهما، كانت الفكرة في حد ذاتها تعتبر مشوهة للسمعة أو حتى نوعا من أنواع التشوش الغامض. فقد وجد جودار أن مجرد الإشارة لرحلة

إلى عوالم أخرى جعلته عرضة للسخرية، ولم يتجرأ على نشر أو حتى إجراء مناقشة علنية لرؤيته بعيدة المدى حول الطيران إلى النجوم. وأثناء فترة مراهقتهما كانت لديهما رؤى حدسية متعلقة بالطيران الفضائي لم تغب عن ذهنيهما أبدا «ما زالت لدي أحلامي للطيران إلى أعلى، إلى النجوم، في آلتي»، هكذا كتب تشيلوفسكي في منتصف عمره. «من الصعب أن تعمل كل شيء بمفردك لسنوات عدة وفي ظروف مناوئة دون أي بارقة أمل ومن دون أدنى مساعدة». وقد اعتقد كثير من معاصريه أنه مجنون بالفعل. وأولئك الذين يعرفون الفيزياء أفضل من تسيلكوفسكي وجودار ـ بما في ذلك مجلة نيويورك تايمز وافتتاحيتها التي لم تتراجع عن موقفها حتى عشية رحلة سفينة الفضاء أبوللو 11 ـ كانوا يصرّون على أن الصواريخ لا يمكن أن تعمل في فراغ، وأن الوصول إلى القمر والكواكب سيبقى إلى الأبد أبعد من إمكانات الإنسان.

وبعد مرور جيل، وبإلهام من تشيلكوفسكي وجودار، كان ڤيرنر ڤون براون يبني أول صاروخ قادر على الوصول إلى حافة الفضاء ـ الصاروخ V-2. ولكنها كانت إحدى المساخر التي كان القرن العشرون متخما بها، فقد كان ڤون براون يبني الصاروخ للنازي ـ كأداة قتل بلا تمييز للمدنيين، وكسلاح انتقامي في يد هتلر، وكانت مصانع الصواريخ تضم عمالا يعملون كالعبيد، وتشهد معاناة إنسانية عند بناء كل مُعزِّز؛ أما ڤون براون نفسه، فقد كان ضابطا في الجيش النازي. ولقد كان يستهدف القمر، وفرح غير واع بذاته، بل إنه بدلا من ذلك ضرب لندن.

وبعد مرور جيل آخر، وتأسيسا على أعمال تسيلكوفسكي وجودار، وتوسيعا لعبقرية تكنولوجيا ڤون براون، أصبحنا موجودين في الفضاء بالفعل، ونطوف حول كوكب الأرض في صمت ونضع أقدامنا على سطح القمر العتيق المقفر. لقد أخذت آلاتنا ـ التي تتزايد كفاءتها واعتمادها على نفسها ـ خلال أنحاء المنظومة الشمسية، مكتشفة عوالم جديدة، مختبرة إياها عن قرب، وباحثة على حياة، ومقارنة إياها بكوكب الأرض.

وهذا هو السبب الأول في أنه، بالمنظور الفلكي طويل الأجل، هناك شيء ما حينيّ حقا بشأن «الوقت الحاضر» الذي يمكن تحديده بوصفه القرون القليلة المتركزة في السنة التي تقرأ فيها هذا الكتاب. وهناك سبب

ثان: هذه هي أول لحظة في تاريخ كوكبنا يصبح فيها أحد الأنواع ـ برضاه ـ خطرا على نفسه، وعلى أنواع أخرى كثيرة. ولنقم من جديد بإحصاء وسائل الخطر:

* لقد كنا نحرق الوقود الحفري لمئات الآلاف من السنين. وبحلول الستينيات، كان كثيرون منا يحرقون الخشب والفحم والنفط والغاز الطبيعي على نطاق واسع، حتى بدأ العلماء يقلقون بشأن تزايد مفعول الدفيئة وبدأت مخاطر ارتفاع درجة الحرارة العالمية تتسلل ببطء إلى الوعي العام.

* لقد اخترعت الكلوروفلوروكربونات في العشرينيات والثلاثينيات، وفي العام 1974 اكتشف أنها تهاجم طبقة الأوزون الواقية. وبعد مرور 15 سنة بدأ حظر إنتاجها على المستوى العالمي يدخل حيز التنفيذ.

* لقد اخترعت الأسلحة النووية العام 1945، واستغرق الأمر حتى حلول العام 1983 قبل أن يبدأ إدراكنا للتبعات العالمية للحرب الحرارية النووية. ومع حلول العام 1992، فككت أعداد كبيرة من الرؤوس النووية.

* اكتشف أول كويكب سيار في العام 1801. وبشكل أو آخر، كانت ولكن الاقتراحات الخطيرة والخاصة تقريبا بتحريك الكويكبات السيارة أخذت في الظهور بدءا من أعوام الثمانينيات. وبعد مرور فترة قصيرة بدأ الاعتراف بالمخاطر الكامنة في هذا النوع من التكنولوجيا.

* كانت وسائل الحرب البيولوجية بين أيدينا منذ قرون عدة، ولكن تزاوجها المميت مع البيولوجيا الجزيئية لم يحدث سوى مؤخرا فقط.

* نحن، البشر، عجّلنا سابقا في انقراض الأنواع على نطاق غير مسبوق منذ نهاية العصر الطباشيري. ولكن معدل عمليات الانقراض هذه لم يصبح واضحا فقط إلا في السنوات العشر الأخيرة، وتثير هذه الاحتمالية مسألة أننا مع جهلنا بالعلاقة المتبادلة لأشكال الحياة على كوكب الأرض، قد نعرض مستقبلنا الخاص كنوع للخطر.

راجع التواريخ الواردة بالقائمة السابقة، مع الوضع بعين الاعتبار مدى التكنولوجيات الجديدة الجاري تطويرها حاليا. أليس من المرجح الكشف عن مخاطر أخرى من صنعنا، ربما يكون بعضها أكثر خطورة؟

في الساحة المبعثرة للشوفينية المفضوحة المهنئة للذات هناك معنى واحد فقط نتميز خلاله بالخصوصية: يعزى إلى ما نقوم به من أعمال، أو

ما يعترينا من كسل، وإلى إساءة استخدام ما لدينا من تكنولوجيا، إننا نعيش لحظة غير عادية بالنسبة لكوكب الأرض على الأقل ـ إنها المرة الأولى التي يصبح فيها نوع ما قادرا على تدمير نفسه. ولكنها أيضا المرة الأولى التي يصبح نوع ما قادرا على القيام برحلة إلى الكواكب والنجوم، وتحدث اللحظتان وتتزامنان بفعل التكنولوجيا ذاتها ـ قرونا عدة قليلة في تاريخ كوكب يبلغ عمره 4,5 بليون سنة. وإذا تم إسقاطك بشكل ما على كوكب الأرض بصورة عشوائية في أي لحظة من لحظات الماضي (أو المستقبل)، فإن فرصة الوصول إلى هذه اللحظة الحرجة تقل عن واحد في عشرة ملايين. إن قوة تأثيرنا في المستقبل أصبحت مرتفعة الآن تحديدا.

وقد يكون الأمر تعاقبا مألوفا يحدث على عوالم عدة ـ كوكب، حديث التشكل، يدور بهدوء حول نجمه؛ وتتشكل الحياة ببطء؛ وتتطور سلسلة متعددة الأشكال من الكائنات؛ ويبرز الذكاء، الذي يرتقي على الأقل إلى درجة ما، ويمنح قيمة بقاء ضخمة، وبعد ذلك تخترع التكنولوجيا. ويبدو من الواضح أن هناك أشياء، مثل قوانين الطبيعة، يمكن الكشف عنها عن طريق التجربة، وأن معرفة هذه القوانين يمكن أن توظف لحماية الحياة أو إنهائها على السواء، وكلتا الحالتين يمكن أن تحدث بمستويين غير مسبوقين. ويتم إدراك ما يمنحه العلم من قوى ضخمة. وسرعان ما يتم اختراع وسائل تحويل العوالم. وتشق الحضارات الكوكبية طريقا، ويعمل المكان على تحديد ما يُمكن أن يُعمل وما لا ينبغي عمله، ويُجتاز بأمان زمن المخاطر. ولكن، هناك آخرون يهلكون، حيث لا يحالفهم الحظ أو لا يحترسون بما يكفي.

وما دام، على المدى البعيد، سيتعرض كل مجتمع كوكبي لخطر تصادم قادم من الفضاء، فإن كل حضارة قائمة ستكون مضطرة لأن تهتم بشؤون الفضاء ـ ولا يرجع ذلك إلى الحماسة الاستكشافية أو الرومانسية، وإنما يرجع بدرجة كبيرة إلى السبب الأشدّ من الوجهة العملية والأكثر قابلية للتصور: البقاء على قيد الحياة. وما إن تصبح في الخارج، في الفضاء، لمئات وآلاف السنين، وتحرك العوالم الصغيرة وتهندس الكواكب، حتى يبدأ نوعك في الانطلاق. وإذا ما كانت مثل هذه الحضارات موجودة، فإنها ستغامر للخروج بعيدا عن الوطن [1].

وهناك وسيلة تتيح تقدير مدى المخاطر التي تتسم بها ظروفنا ـ دون

تناول طبيعة المخاطر. هناك ج. ريتشارد جوت الثالث، وهو عالم فيزيائي فلكي بجامعة برينستون، يطلب منا أن نتبنى مبدأ كوبرنيكوس بصورة مُعممة، وهو الأمر الذي قمت بوصفه في موضع آخر على أنه مبدأ الوسطية. إنها محض مصادفة أننا لا نعيش في زمن غير عادي حقا. ويكاد ألا يوجد على الإطلاق شخص ما عاش هذا الزمن الاستثنائي. وثمة احتمال كبير بأننا نولد ونعيش أيامنا ونموت في مكان ما على المدى الواسع المتوسط لفترة عُمر نوعنا (أو حضارتنا أو أمتنا). وكما يقول جوت، بلا ريب تقريبا، فإننا لا نعيش في أول أو آخر العصور، ومن ثم، إذا كان نوعك شابا جدا، فمن غير المرجح أن يدوم طويلا ـ لأنه إن دام طويلا، فإنك (والبقية منا التي تعيش اليوم) ستكون استثنائيا في الحياة وقريبا جدا من البداية إذا ما تحدّثنا بصورة نِسبيَّة.

ما هي إذن فترة التعمير المتخيلة بالنسبة لنوعنا؟ يصل جوت في النهاية، مع مستوى من الثقة يبلغ 97,5٪، إلى أن البشر سوف يوجدون لفترة لا تزيد عن 8 ملايين سنة. هذا هو حده الأعلى، وهي تقريبا فترة التعمير المتوسطة نفسها لكثير من أنواع الثدييات. وفي هذه الحالة، فإن تكنولوجيتنا لن تضر أو تنفع. ولكن الحد الأدنى الذي يطرحه جوت بالوثوق المزعوم نفسه، هو 12 سنة فقط. إنه يعطيك أرجحية 40 إلى 1 أن البشر سوف يستمر وجودهم حتى حلول الوقت الذي يبلغ فيه الأطفال الرضع الآن سن المراهقة، إننا نحاول بجدية، في مجال الحياة اليومية، ألا نخاطر بدرجة كبيرة، وألا نركب الطائرات، مثلا، مع وجود احتمال واحد في الأربعين لحدوث عطب في الطائرة. إننا نوافق على إجراء جراحة تصل فيها نسبة بقاء المريض واجتيازه العملية بنجاح إلى 95٪، وذلك إذ ما كان احتمال أن يفضي بنا المرض إلى الموت هو 5٪. إن مجرد أرجحية 40 إلى 1 بشأن استمرار نوعنا في الحياة 12 سنة أخرى سوف تكون، إن صدقت، هدفا لاهتمام عظيم. وإذا ما كان قول جوت صحيحا، فإننا لن نوجد قط في الخارج بين النجوم، فحسب، وإنما هناك احتمال مساو آخر وهو أننا لن نبقى حتى كي نضع أقدامنا للمرة الأولى على كوكب آخر.

وبالنسة لي، تتسم هذه المناظرة بالغرابة والكآبة. فمع عدم معرفة أي شيء عن نوعنا إلا عُمره، يمكننا القيام بتقديرات عددية، يمكن الوثوق بها

إلى حد كبير، فيما يتعلق بتوقعاتها المستقبلية. كيف؟ إننا نذهب مع الرابحين. فأولئك الذين كانوا موجودين من حولنا، من المرجح أن يظلوا كذلك. أما الوافدون الجدد فيميلون إلى الاختفاء. والافتراض الوحيد الذي يُعد شبه معقول يتمثل في عدم وجود شيء خاص بشأن اللحظة التي نبحث خلالها الأمر. إذن لماذا تغدو المناظرة غير مقنعة؟ أم أن المسألة تنحصر في أننا نخشى من تضميناتها؟

إن شيئا مثل مبدأ الوسطية ينبغي أن يتسم بإمكانية تطبيق واسعة. ولكننا لسنا جاهلين إلى الحد الذي يجعلنا نتصور أن كل شيء متوسط. فهناك شيء ما خاص حول زماننا- ليست بالضبط الشوفينية الزائلة التي يلمسها دون شك هؤلاء الذين يعيشون في أي عصر، ولكنه شيء، كما وصفته من قبل عديم النظر بوضوح ووثيق الصلة بشدة بفرص مستقبل نوعنا: هذه هي المرة الأولى التي (أ): تصل فيها تكنولوجيتنا الأُسِّية إلى مبدأ تدمير الذات، ولكنها أيضا المرة الأولى التي (ب): يمكننا فيها أن نؤجل أو نتجنب التدمير عن طريق الذهاب الى مكان آخر، مكان خارج كوكب الأرض.

إن مجموعتي القدرات (أ) و(ب) تجعل عصرنا استثنائيا بأساليب متناقضة بشكل مباشر- حيث المجموعة (أ) تقوي مناظرة جوت، في حين تضعفها المجموعة (ب). ولا أعرف كيف يمكنني التنبؤ بما إذا كانت التكنولوجيات المخربة الجديدة سوف تعجل بانقراض البشر بدرجة أكبر من تأجيل تكنولوجيات الطيران الفضائي الجديدة له. ولكن، مادمنا لم نخترع من قبل وسيلة لإبادة أنفسنا، ولم يحدث من قبل أننا قمنا بتطوير تكنولوجيا الاستقرار في عوالم أخرى، فأعتقد أن لدينا هنا قضية ضاغطة، تتمثل في أن عصرنا يعد عصرا استثنائيا، وتحديدا في سياق مناظرة جوت. وإذا ما صح ذلك، فإنه يؤدي إلى زيادة دالة في هامش الخطأ المتعلق بالتقديرات الخاصة بفترة التعمير المستقبلية. إن الأسوأ هو الأسوأ، والأفضل هو الأفضل: فتوقعاتنا قصيرة المدى أكثر كآبة وإذا ما استطعنا البقاء عبر المدى القصير، فإن فرصنا على المدى الطويل أكثر إشراقا من حسابات جوت.

ولكن المسألة الأولى لم تعد تمثل سببا لليأس أكثر من المسألة الأخيرة،

فيما يتعلق بالرضا الذاتي. ولا يوجد ما يجبرنا على أن نبقى مراقبين سلبيين نقرقر كالدجاج فزعا، انتظارا لقدرنا الذي لا يلين ولا يرحم. وإذا كنا غير قادرين على الإمساك بناصية قدرنا، فربما نكون قادرين على توجهه بصورة خاطئة، أو تلطيفه، أو الهروب منه.

يجب، بطبيعة الحال، أن نحافظ على كوكبنا قابلا للسكنى ليس بمقياس العقود والقرون المتمهل، وإنما، وبصورة ملحة، بمقياس العقود أو حتى السنين. وتتضمن هذه المسألة ضرورة إجراء تغييرات في الحكومة، وفي الصناعة، وفي الأخلاقيات، وفي علوم الاقتصاد، وفي الدين. إننا لم نقم أبدا بمثل هذا الشيء من قبل ليس على مقياس عالمي بالتأكيد. وقد يمثل صعوبة شديدة بالنسبة لنا. فالتكنولوجيات الخطيرة قد تكون واسعة الانتشار جدا. كما أن الفساد قد يكون متفشيا جدا. وهناك كثير جدا من القادة ربما يركزون على المدى القصير وليس على المدى البعيد. وربما توجد مجموعات عرقية عديدة متعاركة، وأمة ذات ولايات، وأيديولوجيات للنوع الصحيح من التغيرات العالمية التي ينبغي تشييدها. وربما نكون حتى من الحمق بحيث لا نتصور المخاطر الحقيقية التي نواجهها، أو لا نتصور أن الكثير مما نسمعه حول هذه المخاطر مقرر من جانب هؤلاء الذين لهم منفعة ذاتية مكتسبة كحق في تقليص التغير الأساسي.

ومع ذلك، لدينا نحن البشر تاريخ في مجال إحداث التغيرات الاجتماعية الممتدة، التي كان يعتقد كل منا تقريبا أنها مستحيلة. ومنذ أيامنا الأولى، لم نعمل فحسب من أجل مصالحنا وإنما لمصالح أطفالنا وأحفادنا. إن أجدادي ووالداي قد فعلوا ذلك من أجلي. وبرغم تنوعنا، وما يثار بيننا من عداوات، فإننا نتعاون غالبا في مواجهة عدو مشترك ونحن نبدو في هذه الأيام أكثر استعدادا للإقرار بالمخاطر التي تحدق بنا أكثر مما كنا منذ عقد مضى. إن المخاطر المدركة حديثا تهدد كلا منا على قدم المساواة. ولا يوجد هناك من يخبرنا كيف سيصبح الأمر لدينا هنا، في أسفل.

كان القمر موجودا أينما تنمو شجرة الخلود في الأسطورة الصينية القديمة. إن شجرة امتداد الأجل، حتى لو لم تكن شجرة خلود يبدو أنها تنمو على عوالم أخرى. ولو كنا موجودين هناك، في أعلى بين الكواكب، وإذا ما كانت هناك مجتمعات بشرية مكتفية ذاتيا على عديد من العوالم،

لكان نوعنا معزولا عن الكارثة. إن استنفاد الغطاء الماص للأشعة فوق البنفسجية على أحد العوالم قد يمثل تحذيرا يجعلنا نولي رعاية خاصة للغطاء الواقي على عالم آخر. كما أن تصادما كارثيا على أحد العوالم، من المرجح أن يترك العوالم الأخرى دون مساس. وكلما ازداد عددنا خارج كوكب الأرض، تعاظم تنوع العوالم التي نسكنها، وكلما تنوعت الهندسة الكوكبية، ازداد نطاق المعايير والقيم المجتمعية- ومن ثم سيحظى النوع الإنساني بمزيد من الأمان.

واذا ما نشأت وأنت تعيش تحت سطح عالم تبلغ جاذبيته 1/100 من جاذبية كوكب الأرض، وتبدو السماء سوداء من خلال البوابات، يصبح لديك مجموعة مختلفة من التصورات والاهتمامات والأهواء والنزعات عما لدى شخص ما يعيش على سطح الكوكب الوطن. ويحدث الشيء نفسه إذا كنت تعيش على سطح المريخ، أثناء النضال العنيف لعملية تشكيل سطح الكوكب، أو الزهرة أو تيتان. إن هذه الاستراتيجية- التي تنقسم إلى مجموعات صغيرة متوالدة ذاتيا لكل منها قوى وهموم مختلفة نوعا ما، وإن كانت تتسم جميعها بالكبرياء المحلية- قد وظفت على نطاق واسع في نشوء الحياة على كوكب الأرض، ومن خلال أسلافنا على نحو خاص. وربما تمثل في واقع الأمر، مفتاحا لفهم لماذا نبدو نحن البشر بالصورة التي نحن عليها [2]. هذا هو النوع الثاني من التبريرات المفقودة بشأن الوجود البشري الدائم في الفضاء: لتحسين فرصنا في البقاء، ليس بالنسبة للكوارث التي يمكن أن نتنبأ بها فحسب، وإنما حتى بالنسبة لتلك التي لا يمكننا التنبؤ بها ويرى جوت أيضا أن إنشاء مجتمعات بشرية على عوالم أخرى يمكن أن يمنحنا فرصا أفضل.

إن اتباع هذه السياسة التأمينية لا يكلف الكثير، وليس بتكلفة ما نقوم بعمله على كوكب الأرض نفسه. والأمر لن يتطلب حتى مضاعفة الميزانية الفضائية للدول الحالية المنخرطة في العمليات الفضائية (والتي تمثل في كل الحالات جزءا ضئيلا فحسب من الميزانيات العسكرية، وكثير من النفقات الاختيارية التي يمكن اعتبارها هامشية أو حتى تافهة). وسرعان ما سنتمكن من نقل البشر إلى الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض ونبني قواعد على كوكب المريخ. إننا نعرف كيفية القيام بذلك، حتى بالتكنولوجيا

الحالية، في أقل من فترة عمر الإنسان. وسوف تتحسن التكنولوجيا بسرعة. ونصبح أفضل حالا عند ذهابنا إلى الفضاء.

إن الجهود الجدية الخاصة بإرسال بشر إلى عوالم أخرى لا تعد مكلفة نسبيا. قياسا بالميزانية السنوية حيث إنها لا تدخل في منافسة خطيرة مع البرامج الاجتماعية الملحة على كوكب الأرض. وإذا ما سلكنا هذا الطريق، فإن سيولا من الصور من عوالم أخرى سوف تتدفق إلى أسفل، إلى كوكب الأرض، بسرعة الضوء. إن أسلوب الواقع التقديري «Virtual Reality» سيجعل المغامرة ممكنة بالنسبة للملايين المتحمسين للبقاء على كوكب الأرض. وسوف تكون المشاركة البديلة أكثر واقعية بكثير عنه في أي مرحلة مبكرة من الاكتشاف والاستكشاف. وكلما تعاظمت الثقافات وازداد الناس الذين تلهمهم وتثيرهم هذه الأمور، زادت أرجحية حدوثها.

ولكن بأي حق ـ يمكن أن نسأل أنفسنا ـ نسكن ونغير ونغزو هذه العوالم؟ وهو سؤال يتسم بأهمية كبرى، إذا ما كان هناك من يعيش في المنظومة الشمسية. بيد أنه إذا لم يكن يوجد أحد في هذه المنظومة إلا نحن، ألا يحق لنا إعمارها؟

بطبيعة الحال ينبغي لعملية استكشافنا وإعمارنا للكواكب أن تستنير باحترام البيئات الكوكبية والمعرفة العلمية الخاصة بها. وهذا تعقل بسيط. إن عملية الاستكشاف والاستقرار يجب أن تتم بالعدل وبصورة عبر قومية، من خلال ممثلين عن كل الجنس البشري. ولكن تاريخنا الاستعماري ليس مشجعا في هذا الصدد. أما هذه المرة، فإننا لسنا مدفوعين بالذهب أو التوابل أو العبيد، أو الحماسة في تحويل الوثنيين نحو الإيمان الحقيقي الوحيد ـ كما كان حال المستكشفين الأوروبيين في القرنين الخامس عشر والسادس عشر. والحق أن هذا هو أحد الأسباب الرئيسية وراء تحقيقنا لهذا التقدم المتقطع، وسبب وجود أدوار وبدايات عديدة في برامج الفضاء البشرية لكل الأمم.

وعلى الرغم من كل الإقليمية التي شكوت منها في مرحلة مبكرة بهذا الكتاب، فإنني أجد نفسي هنا شوفينيا متبجحا كإنسان. فإذا ما كانت توجد حياة أخرى في هذه المنظومة الشمسية، فإنها تصبح أمام خطر وشيك لأن البشر قادمون. وفي مثل هذه الحالة فقد أكون مقتنعا بأن

حماية نوعنا عن طريق توطينه في عوالم معينة أخرى متوازن، جزيئا على الأقل، مع الخطر الذي نعرض آخرين له في مكان آخر. ولكن، وبقدر ما يمكننا القول، حتى الآن على الأقل، لا توجد حياة أخرى في هذه المنظومة، ولا حتى ميكروب واحد. هناك فقط حياة على كوكب الأرض.

وفي هذه الحالة، وبالأصالة عن الحياة على كوكب الأرض، فإنني ألح، مع معرفتي التامة بالقيود التي تكبلنا، على أن ننمي بدرجة كبيرة معرفتنا بالمنظومة الشمسية وبعدئذ نبدأ في عملية الاستيطان بعوالم أخرى.

ها هي الخلاصات العملية المفتقدة: حماية كوكب الأرض من التصادمات الحتمية الكارثية المختلفة، وتأمين أنفسنا من التهديدات الأخرى المتعددة. سواء المعلومة أو غير المعلومة، الموجهة إلى البيئة التي تعيلنا. ومن دون هاتين الخلاصتين فإن قضية حتمية إرسال بشر إلى المريخ وغيره من الأماكن يمكن أن تكون ناقصة. ولكن عن طريق هاتين الخلاصتين – وبالخلاصات المؤيدة الأخرى التي تضم العلم والتعليم والمنظور والأمل – أعتقد أن هناك قضية مهمة جديرة بالبحث. وإذا كان استمرارنا على المدى الطويل معرضا للخطر، فإن أمام نوعنا مسؤولية أساسية تتمثل في مغامرة استكشاف عوالم أخرى.

يا بحارة البحر الهادئ، إننا نشعر بهبوب نسيم.

22 التحرك بحذر عبر درب التبانة

«فلا أقسم بمواقع النجوم وإنه لقسم لو تعلمون عظيم»
سورة الواقعة، القرآن الكريم

من الغريب، بطبيعة الحال، ألا نسكن كوكب الأرض زمنا أطول من ذلك، وأن نتخلى عن عادات حصل المرء بشق الأنفس على وقت كي يتعلمها... والتخلي عن العادات التي كان المرء قد استغرق وقتا لتعلمها.
رينر ماريا ريلكه «المرثية الأولى» (1923م)

إن التوقع المتعلق بتسلق العلياء، والصعود إلى السماء، وتحويل عوالم أخرى كي تتلاءم مع أغراضنا ـ بغض النظر عن مدى ما قد يكون عليه حسن نوايانا ـ يجعل أعلام التحذير ترفرف: إننا نتذكر الميول البشرية نحو الكبرياء المفرطة، ونتذكر افتقادنا للعصمة وأحكامنا الخاطئة عندما أطلقت على التكنولوجيات الجديدة القوية. كما نتذكر قصة برج بابل، وهو بناء «كانت قمته يمكن أن تصل إلى السماء»، وأن خوف الله على نوعنا «حال دون ذلك»، حيث إنه الآن «لن يقيده أي شيء يتخيل أنه يقوم به».

ونقف أمام المزمور الخامس عشر، الذي يحدد حقا إلهيا للعوالم الأخرى: «فالسماوات لله ولكن الأرض لأبناء الإنسان». ولدينا أفلاطون الذي يقص مرة أخرى أقاصيص بابلـ قصة أوتيس ويفيالتيس. لقد كانا مخلوقين بشريين «تجرآ على تسلق السماء». وواجهت الآلهة الاختيار. هل يتأتى عليهم قتل البشر المغرورين و«إبادة سلالتهم بالصواعق؟». فمن ناحية «قد يصبح ذلك نهاية التضحيات

والعبادة التي منحها الإنسان» للآلهة والتي يتوق إليها الآلهة. ولكن الآلهة، من الناحية الأخرى، لا يمكن أن يعانوا من (فعل هذه) الغطرسة حتى لا تغدو جامحة».

ومع ذلك إن لم يكن لدينا بديل على المدى البعيد، وإذا ما كان اختيارنا بالفعل هو عوالم كثيرة أو لاشيء، فنحن إذن في حاجة إلى أنواع أخرى من الأساطير، أساطير للتشجيع. وهي موجودة. إن عديدا من الأديان، من الهندوسية إلى المسيحية الغنوصية إلى المذهب المورموني (*)، تعلمنا ـ بقدر ما تحمل من ورع كما يبدو ـ أن هدف البشر أن يصبحوا آلهة. أو لنتأمل قصة في التلمود اليهودي لم ترد في سفر التكوين. «من المشكوك فيه أنه ينسجم مع قصة التفاحة، وشجرة المعرفة، والسقوط، والطرد من جنة عدن». في الجنة، يخبر الله آدم وحواء أنه ترك الكون، عن عمد، غير منته. إنه مسؤولية البشر، من خلال الأجيال التي لا تحصى، لمشاركة الله في تجربة «مجيدة» ـ «إكمال الخلق».

إن مثل هذه المسؤولية تعد عبئا ثقيلا، وخاصة بالنسة لنوع ضعيف غير كامل مثل نوعنا، نوع تاريخه غير سار مثل نوعنا. إن شيئا نائيا مثل «الكمال» لا يمكن لمحاولة إنجازه أن تتحقق دون قدر هائل من المعارف يزيد عما لدينا اليوم. ولكن، لو كان وجودنا ذاته معرضا للخطر، فإننا سنجد أنفسنا قادرين على الارتقاء إلى مستوى هذا التحدي السامي.

على الرغم من أن روبرت جودار لم يستخدم، حقا، أيا من خلاصات الفصل السابق، فقد كان حدسه يقول إن «الملاحة في الفضاء الواقع بين النجوم ضرورية لضمان استمرار السلالة». أما قنسطنطين تشيلكوفسكي فقد قدم حكما مشابها:

هناك عدد لا يعد ولا يحصى من الكواكب، مثل الجزر الكثيرة في كوكب الأرض... كواكب مماثلة لكوكب الأرض... ويحتل الإنسان إحداها. ولكن لماذا لا يستطيع الاستفادة من الكواكب الأخرى ومن الشموس التي لا تعد ولا تحصى؟ وعندما تستنفد الشمس طاقتها، يصبح من المنطقي هجرها والبحث عن شمس أخرى حديثة التوهج، نجم لايزال في ريعان شبابه.

(*) المورموني Mormon: عضو في طائفة دينية أمريكية أنشأها چوزيف سميث العام 1830م - المراجع عن قاموس المورد.

وقد اقترح القيام بذلك مبكرا قبل أن تخمد الشمس بفترة طويلة، «من خلال أولئك المغامرين الباحثين عن عوالم جديدة لإخضاعها».

ولكني حين أعيد التفكير في هذه الخلاصة برمتها أجدني مضطربا. ألا يتطلب الأمر ثقة منافية للعقل في تكنولوجيا المستقبل؟ هل يجري بذلك تجاهل تحذيراتي بشأن افتقاد البشر للعصمة وقابلية الإنسان للخطأ؟ إن المسألة بالتأكيد تنحاز، على المدى القصير، ضد الأمم الأقل تطورا من الناحية التكنولوجية. ألا توجد بدائل عملية لتجنب هذه الشراك؟

إن جميع المشكلات البيئية التي ابتلينا بها، جميع ما نمتلك من أسلحة الدمار الشامل هي منتجات للعلم والتكنولوجيا. ومن هنا يمكنك القول: فلنبعد عن العلم والتكنولوجيا. ولنعترف بأنها أدوات ضارة جدا. دعنا نخلق مجتمعا أبسط، لايهم فيه مدى إهمالنا أو قصر نظرنا، فنحن غير قادرين على تغيير البيئة على النطاق العالمي أو حتى الإقليمي. فلنعد للوراء، لتكنولوجيا أدنى، التكنولوجيا الزراعية مع سيطرة صارمة على المعرفة الجديدة. إن الثيوقراطية الفاشستية طريق مجرد ومثالي، في هذا الصدد، لفرض السيطرة بالقوة.

إن مثل هذه الثقافة العالمية لا تتسم بالاستقرار على المدى الطويل، إن لم يكن على المدى القصير- ويرجع ذلك لسرعة التقدم التكنولوجي. كما أن النزعات البشرية نحو تحسين الذات، والحسد، والمنافسة، سوف تخفق دائما تحت السطح، وعاجلا أم آجلا سوف تصادر فرص المصلحة المحلية قصيرة الأجل. وما لم توضع قيود صارمة على الفكر والعمل، فإننا في لحظة سنعود إلى ما نحن عليه الآن. وهكذا فالمجتمع الخاضع للسيطرة لابد أن يمنح نفوذا قويا للنخبة التي تمارس هذه السيطرة، ويشجع على الانتهاكات الفظيعة ويفضي في نهاية المطاف إلى التمرد. ونظرا لأننا شاهدنا يوما ما الثراء ووسائل الراحة والعقاقير التي تنقذ الحياة، وكلها من منجزات التكنولوجيا، فمن الصعوبة إخماد الروح الإبداعية للبشر وشدة حرصهم على الاكتساب. وفي حين يمكن لهذا الانحطاط في الحضارة العالمية، أينما يحدث، أن ينصب على مشكلة الكارثة التكنولوجية التي ألحقتها بنفسها، فإنه يمكن أن يتركنا أيضا لا حول لنا ولا قوة في مواجهة التصادمات المنتظرة من جانب الكويكبات السيارة والمذنبات.

أو يمكن أن تتخيل الرجوع للوراء لمرحلة أبعد، إلى مجتمع الصيد وجمع الثمار، حيث كنا نعيش على المنتجات الطبيعية للأرض ومتخلين حتى عن الزراعة. وعندئذ، فإن الرمح وعصا الحفر والقوس والسهم والنار ستكون آئنذ تكنولوجيا كافية. ولكن كوكب الأرض يمكن أن يعيل على الأكثر عشرات عدة من الملايين من الصيادين وجامعي الثمار، فكيف يمكننا إذن أن نهبط إلى مثل هذه المستويات السكانية المنخفضة دونما تحفيز للكوارث الفعلية التي نحاول تجنبها؟ وإلى جانب ذلك، فإننا لم نعد نعرف كيف نعيش حياة الصيد وجمع الثمار: لقد نسينا تلك الثقافة والمهارة، بل وحتى مجموعة الأدوات التي تستخدم في هذا المجال. لقد قضينا عليها كلها تقريبا، ودمرنا جزءا كبيرا من البيئة التي أمدت هؤلاء القوم بأسباب الحياة. ربما لا نقدر، عدا قلة قليلة منا، على العودة للوراء، حتى لو أعطيناها الأولوية القصوى. وفوق ذلك فحتى إذا ما كنا نقدر على ذلك، فإننا سنبقى بلا حول أو قوة إزاء كارثة الاصطدام التي لن ترحمنا.

وتبدو البدائل أسوأ من القسوة ذاتها: فهي جميعها بلا جدوى. إن كثيرا من المخاطر التي نواجهها تنبع بالفعل من العلم والتكنولوجيا- ولكن الأهم، أن السبب في ذلك هو أننا أصبحنا أقوياء دون أن نصبح، وبدرجة مساوية، حكماء. إن قوى تغيير العالم التي وضعتها التكنولوجيا بين أيدينا الآن تتطلب درجة من الدراسة والتبصر لم تكن مطلوبة منا من قبل.

إن العلم يقطع ويشق طريقين، فمنتجاته، بطبيعة الحال، يمكن استخدامها في أغراض الخير أو الشر. ولكن، لا عودة للوراء بعيدا عن العلم، فالتحذيرات المبكرة من المخاطر التكنولوجية تأتينا من العلم أيضا. إن الحلول قد تتطلب منا ما هو أكثر من مجرد الحيرة أمام التكنولوجيا. ويتأتى على الكثيرين الإلمام بالعلم. وربما يتأتى علينا تغيير المؤسسات وتغيير السلوك. ولكن مشكلاتنا، مهما كانت أصولها، لا يمكن حلها بعيدا عن العلم. إن التكنولوجيات التي تهددنا وعملية الالتفاف حول هذه التهديدات- كلاهما ينشأ من ينبوع واحد. إنهما يتسابقان كفرسي رهان يجريان في سباق.

وفي المقابل، ومن جراء وجود مجتمعات بشرية على عوالم عديدة، فإن إمكانات نجاحنا قد تصبح أفضل كثيرا. إن ما في جعبتنا سيكون متنوعا.

ويمكن القول حرفيا، إن ما لدينا من بيض سيوضع في سلال عديدة، إن كل مجتمع قد يميل للتفاخر بفضائل عالمه وهندسته الكوكبية وتقاليده الاجتماعية وميوله الموروثة. وسوف تكون الاختلافات الثقافية، بالضرورة، عالقة بالذهن ومبالغا فيها. ولكن هذا التنوع قد يخدم كأداة لاستمرار البقاء.

عندما تصبح المستوطنات المشيدة خارج كوكب الأرض أكثر قدرة على صيانة نفسها، فإنها ستمتلك كل الأسباب اللازمة لتشجيع التقدم التكنولوجي وتحقيق انفتاح الروح والمغامرة- حتى إذا ما كان أولئك الباقون على كوكب الأرض مجبرين على توخي الحرص، والخشية من المعرفة الجديدة، ويمارسون نوعا وحشيا من الضوابط الاجتماعية، وبعد تشييد أول المجتمعات الجديدة القليلة ذاتية الاكتفاء على عوالم أخرى، يمكن أن يصبح أبناء الأرض قادرين أيضا على أن يخففوا قيودهم، وأن يصبحوا أكثر ابتهاجا. فالبشر في الفضاء يمكن أن يوفروا للبشر على كوكب الأرض حماية حقيقية ضد التصادمات النادرة، بل الكارثية، التي تحدث بفعل الكويكبات السيارة أو المذنبات. وبطبيعة الحال، ولهذا السبب تحديدا، قد يصبح للبشر في الفضاء اليد العليا في أي نزاع جدي مع البشر على كوكب الأرض.

إن احتمالات مثل هذا العصر تتناقض بصورة باعثة على الاستفزاز مع التوقعات القائلة إن تقدم العلم والتكنولوجيا هو الآن قريبا إلى حد ما من الحد الأقصى المقارب، وأن الفن والأدب والموسيقى لن يقتربوا أبدا من، ويتخطوا، الذرى التي لمسها نوعنا أحيانا من قبل، وأن الحياة السياسية على كوكب الأرض أصبحت على وشك الاستقرار في إطار حكومة عالمية ديموقراطية ليبرالية راسخة، والتي حددها هيجل باعتبارها «نهاية التاريخ». إن مثل هذا التوسع في الفضاء يتعارض أيضا مع اتجاه مختلف، وإن كان ملحوظا، في الأزمنة الحديثة- اتجاه نحو السلطوية والرقابة والكراهية العرقية والشك العميق المرتبط بالفضول والتعلم. وبدلا من ذلك، فإنني أعتقد أن الاستيطان في المنظومة الشمسية، بعد التخلص من الأخطاء إلى حد ما يصبح بشيرا بعصر لانهائي من التقدم المذهل في العلم والتكنولوجيا، وفي الازدهار الثقافي، وفي إجراء تجارب واسعة النطاق في أعلى، في السماء، وفي مجالي الحكومة والتنظيم الاجتماعي. ومن أكثر من جانب،

يمكن القول إن استكشاف المنظومة الشمسية واستيطان عوالم أخرى يشكل البداية بدرجة أكبر بكثير وليس النهاية فيما يتعلق بالتاريخ.

ومن المستحيل، على الأقل بالنسبة لنا نحن البشر، أن نستقرئ مستقبلنا وخاصة إن كان لقرون قادمة. ولم يقم أحد بذلك أبدا بأي شكل من أشكال الاتساق أو التفصيل. ولا أتخيل دون شك أنني قادر على ذلك. لقد ذهبت، شاعرا ببعض الرجفة، إلى أبعد قدر أستطيع الوصول إليه في هذه النقطة بالكتاب، ذلك أننا نعرف التحديات غير المسبوقة التي تضعها أمامنا تكنولوجيتنا. وهذه التحديات، كما أعتقد، ذات تضمينات مباشرة عرضية، حاولت بإيجاز تقديم رسم تخطيطي لها. وهناك أيضا تضمينات مباشرة بدرجة أقل بكثير وأطول أجلا بكثير، ولكنني كنت أشعر بثقة أقل تجاهها. وبرغم ذلك فإنني أود طرحها أيضا لأخذها أيضا بعين الاعتبار.

وحتى عندما يتوطد أخلافنا على الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض، وعلى المريخ، وعلى أقمار المنظومة الشمسية الخارجية والحزام المذنبي كويبر، فإن الأمر لن يكون آمنا تماما. فعلى المدى البعيد، يمكن أن تتولد عن الشمس أشعة سينية هائلة، وتفجرات من الأشعة فوق البنفسجية، وهنا ستدخل المنظومة الشمسية داخل إحدى السحب الضخمة الواقعة بين النجوم والتي تختبئ بمنطقة قريبة، ومن ثم سوف تظلم الكواكب وتبرد، ويأتي وابل من المذنبات المهلكة هادرا من سحابة أوورت ويهدد الحاضرات على كثير من العوالم القريبة، وعندئذ تعرف أن نجما قريبا على وشك أن يصبح سوبرنوفا. وعلى المدى البعيد فعلا، فإن الشمس - في طريقها لأن تغدو نجما عملاقا أحمر - سوف تكون أكبر وأكثر لمعانا، ويبدأ كوكب الأرض في فقد هوائه ومائه إلى الفضاء، كما ستتفحم التربة وتتبخر المحيطات وتغلي، وتتبخر الصخور، أما كوكبنا، فيمكن أن يبتلع في جوف الشمس.

وبعيدا عن اعتبار المنظومة الشمسية مصنوعة من أجلنا، فإنها ستصبح في نهاية الأمر بالغة الخطر بالنسبة لنا وعلى المدى البعيد، ونحن نضع كل بيضنا في سلة نجمية واحدة، وبغض النظر عن أن تعويلنا على المنظومة الشمسية قريب العهد، فإنها قد تمثل خطورة شديدة. وعلى المدي البعيد وكما أدرك تشيلكوفسكي وجودار منذ زمن بعيد، فإننا نحتاج إلى مغادرة المنظومة الشمسية.

وإذا ما صحت هذه المسألة بالنسبة لنا، فلك كل الحق أن تسأل لماذا لا تصح بالنسبة للآخرين؟ وإذا ما صحت بالنسبة للآخرين، فلماذا لم يأتوا إلى هنا؟ وهناك إجابات عديدة محتملة، بما في ذلك الخلاف في شأن أنهم جاءوا إلى هنا- رغم أن الدليل على ذلك ضعيف بصورة يرثى لها. أو ربما لا يوجد آخرون خارج الأرض، لأنهم دمروا أنفسهم، بلا استثناء تقريبا، قبل أن يمتلكوا القدرة على الطيران الفضائي، أو لأن حضارتنا في مجرة بها 400 بليون شمس هي أول حضارة تقنية.

ان التفسير الأكثر رجحانا، كما أعتقد، ينبع من الحقيقة البسيطة القائلة إن الفضاء شاسع وإن النجوم بعيدة جدا عن بعضها البعض. وحتى إذا ما كانت هناك حضارات أكبر عمرا وأكثر تقدما عنا- تتوسع بعيدا عن عوالمها الرئيسية- وتصلح عوالم جديدة وتواصل السفر قدما نحو النجوم الأخرى، فمن غير المرجح، طبقا لحساباتي وحسابات وليمي. نيومان من UCLA، أن تكون موجودة هنا. حتى الآن ونظرا لأن سرعة الضوء محدودة فإن أخبار التليفزيون وبث الرادار بشأن نشأة حضارة تقنية على أحد كواكب المجموعة الشمسية لم تصلهم. حتى الآن.

وإذا ما تغلبت التقديرات المتفائلة، وكان واحد من كل مليون نجم يحتضن حضارة تكنولوجية قريبة، وكانت هذه الحضارات تتناثر بصورة عشوائية عبر أرجاء درب التبانة- وكان لهذه الشروط أن تتحقق- عندئذ فإن أقربها سيكون بعيدا بمقدار مئات عدة من السنوات الضوئية: وربما يقع على بعد مائة سنة ضوئية، أو حتى، وهو الأكثر ترجيحا، ألف سنة ضوئية- وبطبيعة الحال، ربما لا توجد هذه الحضارات في أي مكان، ولا يهم مدى بعدها. ولنفترض أن أقرب حضارة على كوكب لنجم آخر تبعد حوالي 200 سنة ضوئية. عندئذ، سوف تبدأ هذه الحضارة في استلام بريدنا الضعيف- بث الرادار والتليفزيون في فترة الحرب العالمية الثانية بعد حوالي 150 سنة من الآن. ماذا سيفعلون بهذا البث؟ مع كل سنة تمر تصبح الإشارة أعلى وأكثر إثارة، وربما أكثر إزعاجا. وأخيرا، فإنهم قد يستجيبون: وذلك عن طريق رسالة راديوية أو عن طريق زيارة. وفي أي من الحالتين، فإن الاستجابة ستكون على الأرجح مقيدة بالقيمة المحدودة لسرعة الضوء. ومع هذه الأرقام غير اليقينية، فإن الاستجابة لدعوتنا، غير المقصودة في منتصف القرن،

إلى أعماق الفضاء لن تصل حتى حوالي العام 2350. وإذا كانت هذه الحضارة أبعد فإن الأمر عندئذ سيستغرق فترة أطول بطبيعة الحال. وإذا كانت أبعد وأبعد، فالفترة ستطول أكثر. إن المثير في هذا الإمكان ينشأ من أن أول تلق لرسالة من حضارة غريبة، رسالة نحن المقصودون بها وليس مجرد نشرة مليئة بالموضوعات»: قد يحدث عندما تستقر أوضاعنا على كثير من العوالم في منظومتنا الشمسية ونستعد للانتقال إلى مكان آخر.

وسواء بهذه الرسالة أو من دونها، سيكون لدينا سبب للاستمرار في التوجه نحو الخارج، وللبحث عن منظومات شمسية أخرى، أو- حتى أكثر أمنا، في هذا القطاع العنيف غير القابل للتنبؤ من المجرة- أن نعزل البعض منا في مستوطنات مكتفية ذاتيا في الفضاء الواقع بين النجوم بعيدا عن المخاطر التي تأتي من النجوم، إن مثل هذا العالم المستقبلي، كما أعتقد، يتطور بصورة طبيعية عن طريق تراكمات بطيئة حتى دون أي هدف كبير للسفر بين النجوم:

وسعيا للأمان، يمكن أن ترغب بعض المجتمعات في تجميد روابطها مع بقية الإنسانية - دون أن تتأثر بمجتمعات أخرى، أو قيم أخلاقية أخرى أو ضرورات تكنولوجية أخرى. وفي الوقت الذي تصبح فيه المذنبات والكويكبات السيارة في مواضع جديدة بشكل روتيني، سنكون قادرين على السكنى في عالم صغير. وفي ظل تعاقب الأجيال، وكما امتد هذا العالم متسارعا نحو الخارج، فإن كوكب الأرض قد يخبو متحولا من نجم لامع إلى نقطة باهتة ثم إلى شيء غير مرئي، وقد تبدو الشمس أكثر قتامة، حتى تصبح ليس أكثر من مجرد نقطة ضوء صفراء على مبهم، ضائعة بين آلاف النجوم الأخرى، وقد يقترب المسافرون من الليل الواقع بين النجوم. وقد تكتفي بعض هذه المجتمعات بتبادل إشارات الراديو والليزر مع عوالم الأوطان القديمة. وتثق مجتمعات في تفوق فرص بقائها، وتحترس من التلوث، وتحاول الاختفاء. وربما ستفقد في النهاية جميع الاتصالات معها وينسى وجودها ذاته.

وحتى لو كانت موارد كويكب سيار ضخم أو مذنب محدودة، فإنه يتحتم البحث عن مزيد من الموارد في مكان آخر- وخاصة المياه المطلوبة للشرب، ولمناخ الأكسجين الذي يمكن تنفسه، وللهيدروجين اللازم لمفاعلات الاندماج

النووي، وهكذا، فعلى المدى البعيد يتأتى على هذه المجتمعات أن تهاجر من عالم إلى عالم، دون ولاء دائم لأي عالم منها. ويمكن أن نطلق على هذه العملية اسم «الريادة» أو «التوطن». إن أي مراقب أقل تعاطفا، يمكن أن يعتبر هذه العملية نوعا من امتصاص موارد العوالم الصغيرة واحدا تلو الآخر . ولكن هناك ما يقرب من تريليون من العوالم الصغيرة في سحابة مذنب أوورت.

وبالحياة، في أعداد صغيرة، على عالم آخر متواضع بعيد عن الشمس، فإننا سنعرف أن كل قطعة صغيرة من الطعام وكل نقطة من الماء تعتمد على العمل السلس لتكنولوجيا بعيدة النظر. ولكن هذه الظروف لا تختلف جذريا عن الظروف التي نعتاد عليها الآن. فحفر الأرض لاستخراج الموارد، والطواف بحثا عن الموارد الزائلة يبدو أمرا مألوفا بالنسبة لنا، مثل ذاكرة الطفولة التي طواها النسيان: إنها، مع بعض التغيرات الدالة، استراتيجية أسلافنا الصيادين وجامعي الثمار. فطوال 99,9٪ من تاريخ سيطرة البشر على كوكب الأرض عشنا مثل هذه الحياة. وبالحكم، انطلاقا من بعض آخر الأحياء من الصيادين جامعي الثمار قبل أن تغمرهم الحضارة العالمية الراهنة، يمكن أن نكون سعداء نسبيا. إنه نوع الحياة التي صقلتنا. وهكذا، فبعد تجربة إقامة قصيرة، وناجحة جزئيا فقط، فإننا قد نصبح متجولين مرة أخرى ـ مسلحين هذه المرة بتكنولوجيا أعظم من المرة الماضية، ولكن حتى في تلك المرة الماضية، فإن تكنولوجيا الأدوات الحجرية والنار كانت سياجنا الوحيد ضد الانقراض.

وإذا كان الأمان يكمن في العزلة والبعد، إذن فالبعض من أخلافنا سيهاجرون، في نهاية المطاف، إلى المذنبات الخارجية بسحابة أوورت. ومع وجود تريليون نواة مذنبية، كل منها منفصل عن الآخر بمسافة تماثل المسافة بين كوكب المريخ وكوكب الأرض، سيوجد الكثير الذي يمكن القيام به هناك .[1]

إن الحافة الخارجية لسحابة أوورت التابعة للشمس ربما تقع في نصف الطريق إلى أقرب نجم. وليس لكل نجم آخر سحابة أوورت، ولكن قد يوجد كثير من النجوم التي تمتلك مثل هذه السحابة. ومع مرور الشمس قريبا من النجوم، فإن سحابتنا أوورت التابعة للشمس سوف تلتقي بسحابات مذنبية

أخرى، بل وتخترقها؛ مثل حشدين من حشود البعوض التي تتخلل بعضها دون أن تتصادم، وعندئذ، فإن احتلال مذنب أو نجم آخر لن يكون أصعب من احتلال نجم من نجومنا. ومن حدود منظومة شمسية أخرى ما، قد يلوح أطفال النقطة الزرقاء باشتياق لنقاط الضوء المتحركة الدالة على كواكب أساسية «مضاءة بشكل جيد». إن بعض المجتمعات مع ما يعتريها من حب بشري قديم للمحيطات وضوء الشمس يمكن أن تبدأ الرحلة الطويلة إلى كواكب مشرقة دافئة لشمس جديدة.

وهناك مجتمعات أخرى يمكن أن تعتبر هذه الاستراتيجية ضعفا. وترى أن الكواكب تقترن بالكوارث الطبيعية، ويمكن أن يكون بها حياة وذكاء موجودان من قبل، كما يسهل على الكائنات الأخرى العثور عليها. ومن الأفضل أن نظل في الظلام، وأن ننثر أنفسنا بين كثير من العوالم الصغيرة الغامضة. ومن الأفضل كذلك أن نظل مختفين.

ومتى استطعنا إرسال ماكيناتنا وأنفسنا بعيدا عن الوطن وعن الكواكب وبمجرد أن ندخل بالفعل مسرح الكون فإننا نصبح مقيدين بملاقاة ظواهر لا تماثل أي شيء صادفناه من قبل. ولدينا هنا ثلاثة أمثلة للظواهر الممكنة:

الأولى: انطلاقا من مسافة 550 وحدة فلكية تقريبا بعيدا عن كوكب الأرض أي حوالي 10 مرات من بعد الشمس عن المشتري، ومن ثم أسهل في الوصول إليها من الوصول إلى سحابة أوورت هناك شيء استثنائي. كما تركز عدسة عادية على صورة بعيدة، فإن هذا ما تفعله الجاذبية بالضبط. «التركيز البؤري المتعلق بالجاذبية للنجوم البعيدة والمجرات جار اكتشافه في الوقت الحاضر». إن مسافة 550 وحدة فلكية بعيدا عن الشمس على بعد سنة فقط إذا ما استطعنا السفر على 1٪ من سرعة الضوء هي موضع بداية البؤرة «على الرغم من أنه عندما نأخذ تأثيرات الهالة الشمسية بعين الاعتبار، أي هالة الغاز المتأين المحيط بالشمس، فإن البؤرة قد تكون أبعد كثيرا». هناك، تعزز إشارات الراديو بشدة، وتضخم الهمسات. إن تكبير الصور البعيدة يمكن أن يتيح لنا «في وجود تلسكوب راديوي متواضع» أن نحلل بالصورة قارة على بعد أقرب نجم، وأن نحلل بالصورة المنظومة الشمسية الداخلية على بعد أقرب مجرة لولبية. وإذا ما كنت حرا في الطواف حول هيكل كروي تخيلي عند المسافة البؤرية المناسبة مع اتخاذ

الشمس مركزا، فإنك تمتلك حرية استكشاف الكون في تكبير رائع، والتحديق فيه بوضوح غير مسبوق، واستراق السمع للإشارات الراديوية الخاصة بالحضارات البعيدة، إن كانت موجودة، وإلقاء نظرة خاطفة على الأحداث المبكرة في تاريخ الكون. وعلى نحو بديل، يمكن للعدسة أن تستخدم الطريق الآخر لتضخم إحدى إشاراتنا المتواضعة بحيث يمكن سماعها على مسافات شاسعة. هناك أسباب تسوقنا إلى مئات وآلاف من الوحدات الفلكية. إن الحضارات الأخرى سوف تمتلك مناطقها الخاصة من التركيز البؤري المتعلق بالجاذبية اعتمادا على كتلة ونصف قطر نجمها، البعض أقرب منا قليلا، والبعض أبعد عنا قليلا.

إن التركيز البؤري المتعلق بالجاذبية يمكن أن يخدم كدافع مشترك للحضارات من أجل استكشاف المناطق التي تقع خلف الأجزاء الكوكبية من منظوماتها الشمسية.

الثانية: دع نفسك تفكر دقيقة في الأقزام بنية اللون، إنها نظريا نجوم ذات درجات حرارة شديدة الانخفاض وأكبر بكثير من المشتري، ولكنها أقل ضخامة بكثير من الشمس. ولا أحد يعرف ما إذا كانت هذه الأقزام النجمية بنية اللون موجودة. ويستخدم بعض الخبراء النجوم الأقرب كعدسات جاذبية للكشف عن وجود مزيد من النجوم الأبعد، ويزعمون أنهم قد وجدوا دليلا على وجود الأقزام النجمية البنية. واعتمادا على النسبة الصغيرة من السماء برمتها والتي أمكن رصدها حتى الآن عن طريق هذه التقنية، ويخمن بوجود عدد ضخم من الأقزام النجمية البنية. في حين لا يوافق آخرون على هذا. وفي أعوام الخمسينيات اقترح العالم الفلكي هارلو شيبلي بجامعة هارفارد أن الأقزام النجمية البنية- والتي أسماها «النجوم الليليبوتية»- مسكونة. وتخيل أن أسطحها دافئة مثل يوم من أيام شهر يونيو في كيمبريدج، وأن بها عددا كبيرا من المناطق الصالحة للسكن وأنها قد تكون نجوما يقدر البشر على سكناها واستكشافها.

الثالثة: أوضح الفيزيائيان ب.ج. كار وستيفن هوكينج بجامعة كيمبريدج، أن التقلبات في كثافة المادة في المراحل المبكرة من الكون يمكن أن تكون قد أدت إلى توليد تنوع واسع من الثقوب السوداء الصغيرة. إن الثقوب السوداء الأصلية- لو كانت موجودة- لابد أن تتآكل نتيجة لقيامها ببث الإشعاع نحو

الفضاء، وهذه هي إحدى نتائج قوانين ميكانيكا الكم. وكلما كان الثقب الأسود أقل ضخامة كان تشتته أسرع. إن أي ثقب أسود أصلي في مراحل تآكله الأخيرة يمكن أن يزن اليوم ما يعادل جبلا تقريبا. أما الثقوب الصغيرة فقد ولت. ومادامت الوفرة من الثقوب السوداء الأصلية- ولن نقول شيئا عن وجودها - تعتمد على ما حدث في اللحظات المبكرة بعد الانفجار الكبير، فليس بمقدور أحد التأكد من إمكان وجود أي منها ونحن، بلاشك، لا يمكن أن نكون واثقين أن أيا منها يكمن قريبا منا. ولم توضع حدود عليا مقيدة بشدة على مدى وفرتها، عن طريق الفشل حتى الآن في العثور عن نبضات لأشعة جاما القصيرة، وهي مكونة لأشعة هوكنج.

وفي دراسة منفصلة، اقترح كل من ج. إي. براون بجامعة كالتش، والفيزيائي النووي الرائد هانز بيثي بجامعة كورنيل، أن حوالي بليون من الثقوب السوداء غير الأصلية تتناثر في أنحاء المجرة متولدة عن تطور النجوم. وإذا كان الأمر كذلك، فإن أقربها يمكن أن يبعد فقط مسافة 10 أو 20 سنة ضوئية.

واذا ما كانت توجد ثقوب سوداء في المتناول- سواء أكانت ضخمة كالجبال أو كالنجوم- فإننا سيتوافر لدينا بذلك نوع من الفيزياء المدهشة الذي يحتاج إلى الدراسة، هذا إلى جانب توافر مصدر جديد رائع من الطاقة. وأنا أزعم على أي حال، أن وجود الأقزام النجمية البنية أو الثقوب السوداء الأصلية مرجح داخل نطاق سنوات ضوئية قليلة، أو في أي مكان آخر. ولكن، مع دخولنا إلى الفضاء الواقع بين النجوم، من المحتم أننا سنعثر على صنوف جديدة تماما من العجائب، والأشياء المبهجة، وبعضها مصحوب بتحول في التطبيقات العملية.

لا أعرف أين ستنتهي سلسلة خلاصاتي. ومع مرور مزيد من الوقت، فإن سكانا جددا من حديقة الحيوان الكونية سوف يسوقوننا إلى أبعد، نحو الخارج، وسوف تأتي وتزول على نحو متزايد الكوارث المهلكة غير المحتملة. إن الاحتمالات تتراكم، ولكن مع مرور الوقت ستراكم الأنواع التكنولوجية قوى أشد فأشد، تفوق كثيرا ما نتخيله اليوم. وربما إذا كنا شديدي المهارة «وأعتقد أن الاعتماد على الحظ لن يكفي»، فإننا في النهاية سوف ننتشر بعيدا عن الوطن، مبحرين خلال الأرخبيلات النجمية التابعة لدرب التبانة

الشاسع. وإذا ما التقينا مع آخرين ـ أو من الأرجح، إذا ما التقوا هم بنا ـ فإننا سنتفاعل على نحو متناغم. ونظرا لأن من المرجح أن تكون الحضارات الأخرى المهتمة بشؤون الفضاء أكثر تقدما منا، فمن غير المرجح أن يدوم البشر المشاكسون طويلا في الفضاء الواقع بين النجوم.

وفي نهاية المطاف، يمكن أن يصبح مستقبلنا مماثلا لما تخيله، من بين كل الناس، ڤولتير:

أحيانا بمساعدة شعاع من الشمس، وأحيانا عن طريق إحدى وسائل الراحة لمذنب، انزلقوا من كرة إلى كرة كطائر يثب من غصن إلى غصن. وفي وقت قصير جدا سافروا على جناح السرعة عبر أنحاء درب التبانة.

إننا مازلنا حتى الآن نكتشف أعدادا ضخمة من أقراص الغاز والغبار حول النجوم الشابة ـ تلك الهياكل الفعلية التي تشكل منها كوكب الأرض والكواكب الأخرى في منظومتنا الشمسية منذ 4,5 بليون سنة. لقد بدأنا ندرك كيف تنمو حبيبات الغبار الدقيقة ببطء متحولة إلى عوالم، وكيف تنمو وتلتحم الكواكب الكبيرة الشبيهة بكوكب الأرض، ثم تستولي بسرعة على الهيدروجين والهيليوم لتصبح الأنوية المخفية للأجسام العملاقة الغازية، وكيف تظل الكواكب الصغيرة الشبيهة بالأرض خالية من الجو. إننا ننظم من جديد تاريخ العوالم ـ كيف اجتمع في الغالب الجليد والمواد العضوية معا في الأطراف الباردة من المنظومة الشمسية المبكرة، كما اجتمع أيضا الصخر والمعدن على الأخص في المناطق الداخلية المدفأة بفعل الشمس الشابة. ولقد بدأنا في إدراك الدور المهيمن للتصادمات المبكرة في ضرب العوالم بعنف، مما أسفر عن حدوث فوهات وأحواض ضخمة في أسطحها ودواخلها، وجعلها تدور بسرعة، فضلا عن صنع ومحو الأقمار وخلق الحلقات، وربما نقل محيطات كاملة من السماء إلى أسفل ثم ترسب طبقة خارجية من المادة العضوية، بوصفها اللمسة النهائية الرائعة في عملية خلق العوالم.

إن لدينا فرصة حقيقية، في العقود القليلة القادمة، لفحص تصميم وشيء ما من تكوين عديد من المنظومات الكوكبية الناضجة الأخرى حول النجوم القريبة. إننا سنبدأ في معرفة أي الجوانب تشكل القاعدة في منظومتنا وأيها تشكل الاستثناء. وما هو الأكثر انتشارا ـ أهي كواكب مثل المشتري، أم كواكب مثل نبتون، أم كواكب مثل الأرض؟ أم أن كل المنظومات

الأخرى لديها كواكب مثل المشتري ونبتون والأرض؟ ما هي التصنيفات الأخرى الموجودة للعوالم الأخرى وغير المعروفة لنا حاليا؟ هل جميع المنظومات الشمسية مطمورة في السحابة الكروية الضخمة للمذنبات؟ إن غالبية نجوم السماء ليست شموسا وحيدة مثل شمسنا، ولكنها منظومات مزدوجة أو متعددة تدور نجومها في مدارات مشتركة . هل هناك كواكب في مثل هذه المنظومات؟ وإذا كان الأمر كذلك، فكيف تبدو؟ وإذا كانت المنظومات الكوكبية، كما نعتقد حاليا، هي نتيجة روتينية لأصل الشموس، فهل تتبع مسارات تطورية مختلفة في أماكن أخرى؟ وكيف تبدو المنظومات الكوكبية الأكبر سنا، والتي نشأت قبل منظومتنا ببلايين السنين؟ إن معرفتنا بالمنظومات الأخرى ستصبح أكثر شمولا في القرون القليلة القادمة. وسنبدأ في معرفة أي منها نزور، وأي منها نحرث، وأي منها نستوطن.

ولنتخيل أننا يمكن أن نسرع باستمرار بواسطة وحدة الجاذبية- وهي الشيء المريح بالنسبة لنا على اليابسة القديمة الطيبة- حتى منتصف الرحلة، ثم نبطئ باستمرار بمعدل وحدة الجاذبية حتى نصل إلى مقصدنا المنشود. إن الأمر عندئذ سوف يستغرق يوما واحدا للوصول إلى المريخ، وأسبوعا ونصفا للوصول إلى بلوتو، وسنة للوصول إلى سحابة أوورت، وسنوات عدة للوصول إلى أقرب النجوم.

إن تقديرا استقرائيا متواضعا لعمليات تقدمنا الأخيرة في مجال المواصلات يرتأي أننا سنقدر عبر قرون فحسب على السفر بسرعة تقرب من سرعة الضوء، وربما كان هذا تفاؤلا بلا أمل. وربما يتطلب الأمر بالفعل ألفية أو أكثر. ولكن، ما لم نكن قد دمرنا أنفسنا فإننا سنكون قادرين على اختراع تكنولوجيات جديدة غريبة بالنسبة لنا الآن، مثلما كانت ڤوييجر بالنسبة لأسلافنا الصيادين جامعي الثمار. وحتى في يومنا هذا، فإننا يمكن أن نفكر في طرق- خرقاء، باهظة التكلفة، أو حتى غير موثوق بكفاءتها- لبناء سفينة نجمية تقترب سرعتها من سرعة الضوء. وفي الوقت المناسب ستصبح التصميمات أكثر كياسة وأكثر تحملا، وأكثر كفاءة. وسيأتي اليوم الذي نتغلب فيه على ضرورة القفز من مذنب لآخر. ونبدأ في التحليق عبر السنوات الضوئية، كما قال القديس أوغسطين عن آلهة الإغريق والرومان القدماء: إننا سوف نستعمر السماء.

إن مثل هؤلاء الأخلاف يمكن أن يمثلوا عشرات أو مئات الأجيال البعيدة من حيث القربى عن أي إنسان عاش في أي وقت على سطح كوكب. إن ثقافاتهم ستختلف، وتكنولوجياتهم ستكون أكثر تقدما بمراحل عدة، ولغاتهم ستتغير، وسيرتبطون ارتباطا وثيقا بالذكاء الآلي، وربما يتغير مظهرهم الفعلي بصورة ملحوظة عن مظهر أسلافهم الأسطوريين تقريبا، أولئك الأسلاف الذين كانوا أول من بدأ الرحلة بصورة تجريبية نحو بحر الفضاء في القرن العشرين المنصرم. ولكن هؤلاء الأخلاف سيكونون على الأقل الجزء الأكبر منهم، إنسانيين وسيمارسون تكنولوجيا راقية، وسيمتلكون سجلات تاريخية. وعلى الرغم من حكم أوغسطين على زوجة لوط القائل «ليس ثمة أحد يجري إنقاذه»، فإنهم لن ينسوا كوكب الأرض كلية.

ولكن ربما تعتقد في أننا لسنا مستعدين بعد. وكما صاغ ڤولتير الموقف في عمله ممنون «Memnon»: «إن كرتنا الأرضية الصغيرة المؤلفة من اليابسة والماء هي مستشفى المجانين لمئات آلاف الملايين من العوالم [2]» إننا، نحن الذين لا يمكننا حتى تنظيم وطننا الكوكبي، تمزقنا التنافسات والكراهية، وننهب بيئتنا، ونقتل بعضنا البعض بسبب السخط والغفلة، فضلا عن عمد مهلك، وعلاوة على ذلك، فإننا نوع كان مقتنعا حتى وقت قريب أن الكون مصنوع من أجل فائدته وحدهـ فهل نغامر بالخروج إلى الفضاء، ونحرك العوالم ونهندس الكواكب من جديد ، وننتشر في المنظومات النجمية المجاورة؟

أنا لا أتخيل أننا نحن بالتحديد، وبسبب عاداتنا وتقاليدنا الاجتماعية، سنكون هناك، في الخارج. وإذا ما واصلنا مراكمة القوة فحسب وليس الحكمة، فإننا سندمر أنفسنا بالتأكيد. إن وجودنا ذاته، في ذلك الزمن البعيد، يتطلب منا تغيير مؤسساتنا وأنفسنا. فهل يمكنني التجرؤ ووضع تخمينات بشأن البشر في المستقبل البعيد؟ إن الأمر، كما أعتقد، يعد من أمور الانتخاب الطبيعي. وإذا ما أصبحنا حتى أكثر عنفا بقليل وأكثر قصر نظر وجهلا وأنانية مما نحن عليه الآن، فلن يكون لنا مستقبل.

وإذا ما كنت تنتمي لجيل الشباب، فمن الممكن أن نبدأ في اتخاذ أولى خطواتنا على الكويكبات السيارة القريبة من كوكب الأرض، وعلى المريخ، أثناء فترة حياتك. أما انتشارنا إلى أقمار الكواكب الشبيهة بالمشتري وحزام

مذنب كويبر، فسوف يستغرق أجيالا عدة. أما الوصول لسحابة أوورت فسيتطلب وقتا أطول. ومع حول الوقت الذي نصبح فيه مستعدين للاستقرار حتى على المنظومات الكوكبية الأخرى القريبة، سنكون قد تغيرنا. إن المرور العادي لعدد كبير من الأجيال سوف يغيرنا. والظروف المختلفة التي سنعيش في ظلها ستقودنا إلى التغير. كما أن زرع الأعضاء والهندسة الوراثية سيغيراننا. وستغيرنا الضرورة. إننا نوع قابل للتكيف.

لسنا نحن من سيصل إلى ألفا قنطورس وغيره من النجوم القريبة، فمن سيصل هناك هو نوع يشبهنا جدا، ولكنه مزود بالمزيد من قوتنا وبالأقل من جوانب ضعفنا. إنه نوع أرجع إلى ظروف تشبه ظروف أولئك الذين نشأ منهم في الأصل، فهو يمتلك ثقة أكبر وبصيرة وقدرة وتدبرا- وهذه طبائع الكائنات التي نرغب في أن تمثلنا في الكون المملوء بأنواع أطول عمرا، وأقوى وشديدة الاختلاف عنا.

ان المسافات الشاسعة التي تفصل بين النجوم قائمة بفضل تدخل العناية الإلهية. والكائنات والعوالم معزولة بعيدا عن بعضها البعض. وهذه العزلة تلغى فحسب بالنسبة لأولئك الذين يمتلكون معرفة ذاتية وأحكاما كافية تؤهلهم للسفر بأمان من نجم لآخر.

وعلى مدى المقاييس الزمنية الضخمة، من مئات الملايين إلى البلايين من السنوات، تنفجر مراكز المجرات. إننا نرى مجرات مبعثرة في أعماق الفضاء، بها «نويات نشطة»، ونجوما زائفة، ومجرات مشوهة من جراء التصادمات، ومُزقت أذرعها اللولبية، ومنظومات نجمية دمرت عن طريق الإشعاع أو التهمتها الثقوب السوداء- ونحن نعتقد أن الفضاء الواقع بين النجوم أو حتى بين المجرات لن يكون آمنا على مدى هذه المقاييس الزمنية.

وهناك هالة من المادة القاتمة تحيط بدرب التبانة، ربما تمتد لنصف الطريق إلى المجرة اللولبية التالية (M31 في كوكبة أندرو ميدا والتي تشتمل أيضا على مئات البلايين من النجوم). ونحن لا نعرف ما هي هذه المادة القاتمة، أو كيف رتبت- ولكن البعض [3] منها يمكن أن يوجد في عوالم متحررة من النجوم المنفردة. وإذا كان الأمر كذلك، فسيمتلك أخلافنا في المستقبل البعيد فرصة الرسوخ في الفضاء الواقع بين المجرات، والتحرك بحذر إلى المجرات الأخرى، وإن كان ذلك سيأتي عبر فترات من الزمن

يصعب تخيل طولها.

ولكن، بالمقياس الزمني الخاص بإعمار مجرتنا، إن لم يكن هناك وقت طويل قبل أن يتحقق، يتعين علينا أن نسأل: ما مدى ثبات هذا التشوف نحو الأمان الذي يسوقنا نحو الخارج؟ هل سنشعر بالرضا، في يوم ما، إزاء ذلك العصر الذي حقق فيه نوعنا نجاحات ودخل برغبته في المرحلة الكونية؟ بعد ملايين السنوات من الآنـ وربما أقرب كثيراـ سنكون قابلين لتحويل أنفسنا إلى شيء آخر. وحتى إن لم نفعل أي شيء عن قصد، فإن عمليتي التطفر والانتخاب الطبيعيتين ستؤديان بنا إما إلى الانقراض أو التطور إلى نوع آخر، على هذا المقياس الزمني فحسب (إذا ما أصدرنا حكمنا وفقا للثدييات الأخرى). وعلى مدى فترة عمر نوع من الثدييات، وحتى إذا ما أصبحنا قادرين على السفر بسرعة تقترب من سرعة الضوء ولم نكرس أنفسنا لأي شيء آخر، فإننا لن نستطيع، كما أعتقد، أن نستكشف حتى جزءا ممثلا لمجرة درب التبانة، فهي شديدة الضخامة. إلى جانب وجود مائة بليون مجرة أخرى. ترى، هل ستظل دوافعنا الحالية غير متغيرة عبر المقاييس الجيولوجية، الأقل بكثير من المقاييس الكونيةـ حين نصبح نحن أنفسنا متغيرين؟ في مثل هذه العصور البعيدة، يمكننا أن نكتشف مخارج لطموحاتنا أكبر كثيرا وذات قيمة أكبر من مجرد إعمار عدد غير محدود من العوالم.

ربما تخيل بعض العلماء أننا في يوم ما سنخلق أشكالا جديدة من الحياة ونوجد رابطة بين العقول ونستعمر النجوم، ونعيد تشكيل المجرات، أو نمنع تمدد الكون في حجم قريب من الفضاء. ففي مقال صدر بمجلة «الفيزياء النووية» العام 1993 اقترح الفيزيائي أندريه ليندي بمزاج مرح، إن الاختبارات المعملية (إذا ما كان هناك معمل بالفعل) لخلق أكوان منفصلة مقصورة على سكانها ومتمددة يمكن أن تصبح ممكنة في نهاية المطاف. «ومع ذلك»، هكذا كتب لي قائلا «إنني أنا نفسي لا أعرف ما إذا كان (هذا الاقتراح) مجرد نكتة أو شيئا آخر». وفي مثل هذه القائمة من مشروعات المستقبل البعيد لن نواجه صعوبة في التعرف على الطموح البشري المستمر.

لقد تركنا الآن وعلى مدى صفحات عديدة عالم الحدس شبه المعقول من أجل الافتتان المسكر بالتأمل غير المتكلف تقريبا، ولقد آن الأوان لنعود

إلى عصرنا الخاص.

إن جدي، الذي ولد قبل أن تصبح موجات الراديو نوعا حتى من أنواع الفضول المعملي، قد عاش تقريبا ليرى أول قمر صناعي يرسل لنا إشارات صوتية من الفضاء. وهناك أناس ولدوا قبل وجود شيء هائل مثل الطائرة، ولكنهم رأوا في شيخوختهم أربع سفن فضائية تنطلق نحو النجوم. ومع كل نواقصنا، ورغم قصورنا وافتقادنا للعصمة، فإننا نحن البشر قادرون على إنجاز أشياء عظيمة. ويصدق هذا على علمنا وبعض جوانب تكنولوجيتنا، وعلى فنوننا وموسيقانا وأدبنا، وحبنا للغير، وحنونا، بل وحتى يصدق في أحيان نادرة على فننا في إدارة الدولة. ما هي العجائب الجديدة التي لم يحلم بها أحد من قبل في عصرنا ونرغب في استخدامها في جيل آخر؟ وآخر؟ ترى، إلى أي مدى سيتجول نوعنا البدوي حتى نهاية القرن القادم؟ والألفية التالية؟ منذ بليونين من السنين، كانت الميكروبات أسلافنا، ومنذ نصف بليون سنة كانت الأسماك، ومنذ مائة مليون سنة كان شيء ما مثل الفئران، ومنذ عشرة ملايين من السنين كانت القرود، ومنذ مليون سنة كان البشر البدائيون يحلون لغز تدجين النار. إن خطنا التطوري متسم بسيادة التغير. والخطو يتسارع في عصرنا.

وعندما نغامر للمرة الأولى بالذهاب إلى كويكب سيار قريب من كوكب الأرض، فإننا سوف ندخل موطنا قد يكفل نوعنا للأبد. إن الرحلة البشرية الأولى للمريخ هي الخطوة الرئيسية في تحويلنا إلى نوع متعدد الكواكب. وهذه الأحداث لها أهمية تماثل استعمار أسلافنا البرمائيات للأرض، وهبوط أسلافنا الرئيسيات من فوق الأشجار.

إن الأسماك ذوات الرئات البدائية والزعانف التي تكيفت بصورة طفيفة من أجل السير، لابد أنها ماتت بالتأكيد بأعداد كبيرة قبل أن تؤسس مؤطئ قدم دائم لها على الأرض. ومع انحسار الغابات ببطء، فإن أسلافنا ذوي القامات المنتصبة أشباه القرود سرعان ما انطلقوا عائدين إلى الأشجار هربا من الحيوانات المفترسة التي كانت تجوب السافانات. لقد كانت التحولات مؤلمة، وتطلبت ملايين السنين، وكانت تدرجية إلى حد بعيد بالنسبة للمنخرطين فيها. أما في حالتنا، فإن التحول يستغرق أجيالا عدة فحسب، ويصاحبه فقدان عدد قليل من الأرواح. إن الخطر سريع للغاية حتى أننا

قادرون بصعوبة على الإمساك بناصية ما يحدث. وما إن تجرى ولادة أول طفل خارج كوكب الأرض، وما إن تتشكل لدينا قواعد ومواطن على الكويكبات السيارة والمذنبات والأقمار والكواكب، وما إن نعيش خارج كوكب الأرض وننشئ أجيالا جديدة على عوالم أخرى، فإن شيئا ما سيكون قد تغير للأبد في تاريخ الإنسان. ولكن إعمار عوالم أخرى لا يستلزم هجر عالمنا، وهو ليس أكثر بأي حال من أن تطور البرمائيات لم يستلزم هلاك الأسماك، ولفترة طويلة جدا سيتواجد جزء ضئيل منا فقط هناك بالخارج.

«في المجتمع الغربي الحديث»، كتب الباحث تشارلز ليندهولم يقول، «إن تآكل التقاليد وانهيار الاعتقاد الديني المقبول يتركنا من دون نهاية (هدف نكافح من أجله)، وهي فكرة بريئة متعلقة بإمكانية الإنسانية. وبالحرمان من مشروع مقدس، لن يصبح لدينا سوى صورة واضحة لإنسانية ضعيفة وغير معصومة من الخطأ، لم تعد قادرة على أن تصبح شبيهة بإله».

أعتقد أنه من الصحيحـ والحق من الجوهريـ أن نبقى بثبات في عقولنا على ضعفنا ولا معصوميتنا من الخطأ. وإنني أشعر بقلق إزاء أولئك الذين يطمحون في أن يكونوا «أشباه آلهة». ولكن بالنسبة لهدف طويل المدى ومشروع مقدس، فهناك أمر واحد أمامنا، يتوقف عليه البقاء الفعلي لنوعنا. وإذا ما كنا محبوسين ومحجوزين في سجن الذات، فهنا باب صغير للهروبـ شيء ما قيم، شيء أكبر، كثيرا من أنفسنا، وعمل حاسم لمصلحة الإنسانية. إن إعمار العوالم الأخرى يوحد الأمم والمجموعات العرقية، ويربط الأجيال بعضها ببعض، ويتطلب منا أن نكون أذكياء وحكماء على السواء. إنه يحرر طبيعتنا ويعود بنا جزئيا إلى بداياتنا. وحتى الآن فإن هذا الهدف الجديد يقع في حوزتنا.

لقد أعلن عالم النفس الرائد وليم جيمس أن الدين «شعور بأنك في وطنك داخل الكون». لقد كنا نميل، كما أوضحت في الفصول الأولى من هذا الكتاب، للمطالبة بأن الكون هو الكيفية التي نود أن يكون عليها وطننا، قبلما ننقح فكرتنا عما هو بيتي الطابع حتى نحتضن الكون. وإذا كنا نعني، بوضع تعريف جيمس بعين الاعتبار، الكون الحقيقي، فإننا، إذن، لم نمتلك دينا حقيقيا بعد. إننا نتحدث عن عصر آخر، عندما تصبح شوكة الاستنزالات

الكبيرة للمكانة خلفنا، تماما، وعندما نتأقلم مع العوالم الأخرى ونأقلمها، وعندما ننتشر في الخارج... نحو النجوم.

إن الكون يتمدد إلى الأبد لأغراض عملية كلها. وبعد فترة إقامة قصيرة دونما ترحال، نستأنف أسلوبنا البدوي في الحياة. إن أخلافنا البعيدين، الذين سينظمون حياتهم بأمان على عوالم عدة في أنحاء المنظومة الشمسية وما وراءها، سوف يوحدون بميراثهم المشترك، وباحترامهم لكوكبهم الوطن، وبمعرفة أن البشر، في كل أرجاء الكون، مهما يكن احتمال وجود حياة أخرى، قد أتوا من كوكب الأرض.

إنهم سيحدقون لأعلى ويجهدون أنفسهم حتى يجدوا النقطة الزرقاء في سماواتهم. وسوف يحبونها، رغم ذلك من أجل غموضها وهشاشتها. إنهم سيتعجبون من مدى عدم الحصانة التي كان عليها مستودع قدراتنا ذات يوم، وسوف يتساءلون كم كانت طفولتنا محفوفة بالمخاطر، وكم كانت بداياتنا متواضعة. وكم عدد الأنهار التي كان يتعين علينا عبورها قبل أن نجد طريقنا.

الهوامش

المقدمة

(1) «بالنسبة لخرافة وجود سكان على الأجزاء المقابلة من الكرة الأرضية»، كتب القديس أوغسطين في القرن الخامس: «إنها تعني وجود بشر على الطرف المقابل من الأرض، حيث تشرق الشمس، وحين تغرب بالنسبة لنا، بشر يسيرون وأقدامهم تقع في مواضع مقابلة لأقدامنا. إنه قول لا أساس لمصداقيته». وحتى مع وجود مساحة واسعة من الأراضي غير المعروفة، وليس المحيط فحسب، «فقد كان هناك زوج واحد فقط من الأسلاف الأوائل، ولا يمكن تصور أن هذه المناطق البعيدة كانت مأهولة بنسل آدم».

(2) زورق صغير طويل وخفيف يدفع بالمجداف ـ المترجم.

(3) سفن صينية شراعية ـ المترجم.

(4) تيتان: أحد الأقمار التابعة لـ كوكب زحل ـ المترجم

الفصل الأول

(1) الصور السلكية: صور فوتوغرافية مرسلة بالإشارات الكهربائية عبر أسلاك التليفون ـ المترجم.

(2) قارة جليدية غير مأهولة تقع حول القطب الجنوبي ـ المترجم

(3) اختصار «الإدارة القومية للطيران والفضاء». وسوف نستخدم الاختصار دون إضافته إلى «وكالة» كما يستخدم خطأ في الصحافة العربية ـ المراجع

الفصل الثاني

(1) البلانتاچينيون هم أعضاء الأسرة المالكة التي حكمت إنجلترا في الفترة (1154 ـ 1485) ـ المترجم.

(2) الرأسماليون الأمريكيون في القسم الأخير من القرن التاسع عشر (حوالي 1878)، الذين كونوا ثرواتهم عن طريق الاستغلال ـ المترجم.

(3) نشرت أول طبعة من كتاب كوبرنيكوس الشهير بمقدمة كتبها العالم اللاهوتي أندرو أوسياندر، وقد تم إدخالها للكتاب دون معرفة العالم الفلكي الذي كان يحتضر. وكانت محاولة أوسياندر حسنة النية، تستهدف تحقيق المصالحة بين الدين وعلوم كوبرنيكوس الفلكية، وقد انتهت المقدمة بالكلمات التالية: «لا تدع أحدا يتوقع التوصل لأي شيء بأسلوب اليقين الذي يطرحه علم الفلك، إذ إن هذا العلم لا يمنحنا أي شيء يقيني. فهناك تخوف من أنه إذا ما تبنّى أي فرد ما هو مرتب من أجل استخدام آخر بوصفه حقيقة فإنه سيصبح أكثر غفلة مما كان قبل أن يطلع عليه. اليقين يمكن أن يوجد في الدين فقط.

الفصل الثالث

(1) البُلسار: مصدر سماوي تنبعث منه نبضات من أشعة كهرومغناطيسية تتميز بفواصل قصيرة ثابتة نسبيا (مقدارها 0,033 من الثانية) ويعتقد أنه نجم نيوتروني دوّار ـ المراجع.

(2) فوهة تنتج عن اصطدام نيزك بسطح كوكب ـ المترجم.

(3) يقول القديس أوغسطين في مدينة الله: «مادامت ليست 6 آلاف سنة منذ ظهور الإنسان الأول... أليس علينا إذن أن نستهجن، لا أن ندحض، أولئك الذين يحاولون إقناعنا بأي شيء يتعلق بمساحة من الزمن تختلف تماما، بل وتتناقض، مع الحقيقة اليقينية؟ وحيث إننا نستمد أسباب حياتنا من السلطة الإلهية في تاريخ ديننا، فليس لدينا شك في أن ما يتعارض مع ذلك إنما يُعد زيفا». إنه يشجب بقوة التعاليم المصرية القديمة التي تقول إن العالم قديم ويصل عمره إلى مئات الآلاف من السنين ويعتبرها ضربا من «الأكاذيب البغيضة». أما القديس توما الأكويني فيعلن صراحة في كتابه «Summa Theologica» إن «حداثة العالم لا يمكن تبيانها من العالم نفسه». لقد كانا شديديّ اليقين.

(4) جيا ـ هي الأرض، ويسميها الرومان تيللّوس أو تيرّا ماتير ـ المترجم.

(5) إن الكون الذي نعيش فيه متعارض تقريبا مع الحياة ـ أو على الأقل مع ما ندركه باعتباره ضروريا لها: فإذا كان كل نجم في مئات البلايين من المجرات لديه كوكب مثل الأرض، فمن دون أي تدابير تكنولوجية بطولية، يمكن أن تزدهر الحياة في حوالي 10ـ37 فقط من حجم الكون. وللتوضيح، نكتب الأمر على النحو التالي:

0001 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 ,0 فقط من الكون ملائم للحياة. أي 36 صفرا قبل الواحد. أما الباقي فهو بارد، ويلفه فراغ أسود، وملوث بالنشاط الإشعاعي.

(6) الكوزمولوجيا هي علم الكونيات ـ المترجم

(7) السنة الضوئية مسافة وليست زمنا، وهي المسافة التي يقطعها الضوء في عام كامل ـ المراجع

(8) ولا تسعنا الكلمات للتعبير عن مثل تلك الأفكار. إن التعبير الألماني عن الكون هو (das) الكل ـ مما يجعل الاشتمال جليا وواضحا إلى حد كبير، ويمكننا القول إن الكون الذي نعيش فيه ليس سوى أحد «النظم المتعددة» ـ أي Multiverse وليس Universe (المترجم) ـ ولكنني أفضل استخدام كلمة الكون (Cosmos) لكل شيء. وكلمة عالم (Universe) للتعبير عن الكون الوحيد الذي نعرفه.

الفصل الرابع

(1) أحد التعبيرات شبه الكوبرنيكوسية في اللغة الإنجليزية هو أن: «الكون لا يدور حولك» (the universe doesn't revolve araund you) وهي حقيقة فلكية يراد بها الحط من شأن النرجسيين المغرورين.

الفصل السادس

(1) نظرا لقيام رائدات الفضاء من مختلف الأمم بالطيران الفضائي، فإن كلمة «رجال» غير صحيحة على الإطلاق. ولقد حاولت أن أجد بديلا لمصطلح الطيران الفضائي للرجال (manned

(space flight) والذي صيغ في عصر الانحياز الجنسي غير الواعي. حاولت استخدام مصطلح «طاقم» (crewed) لفترة، ولكنه يقود إلى سوء فهم في اللغة المنطوقة أما كلمة الطيارين (Piloted) فلا تصلح نظرا لأن الطيارات التجارية لديها حتى طيارين من الروبوت. وكلمة «رجال ونساء» صحيحة، ولكنها ليست واسعة الانتشار. وربما كانت أفضل تسوية ممكنة هي استخدام كلمة «بشري»، إذ تسمح لنا بالتمييز الواضح بين المهمات البشرية ومهمات الروبوت. ولكني، بين الفينة والفينة، أجد أن كلمة «بشري» لا تؤدي غرضها على نحو جيد، وأشعر بالفزع عندما تنزلق، عائدة، كلمة «رجال».

الفصل السابع

(1) كان يمكن ألا يوجد مثل هذا العالم. ولكن من حسن حظنا أن وجد كوكب كهذا حتى نتمكن من دراسته. أما العوالم الأخرى، فتشتمل جميعها على الكثير جدا من الهيدروجين أو على كميات غير كافية منه، أو أنها بلا غلاف جوي على الإطلاق.

(2) لا ترجع التسمية لأنه كان يعتقد أنه كبير الحجم، وإنما لأن أعضاء الجيل التالي لآلهة الأولمب في الأساطير اليونانية ـ زحل وأقاربه وأبناء عمومته ـ كان يطلق عليهم اسم التيتانيون.

(3) الغلاف الجوي لتيتان لا يحوي أي أكسجين يمكن الكشف عنه، إذن فالميثان ليس خارج التوازن الكيميائي بشكل واسع ـ كما هو الحال على كوكب الأرض ـ ووجوده لا يعد البتة علامة على الحياة.

الفصل الثامن

(1) كانت هناك لحظة واحدة في الأربعة آلاف سنة الأخيرة الماضية، تجمعت فيها جميع الأجسام السماوية السبعة هذه على نحو وثيق. وقبل فجر الرابع من مارس 1953 قبل الميلاد بالضبط، كان القمر الهلال عند الأفق. أما الزهرة وعطارد والمريخ وزحل والمشتري فقد كانوا منظومين كجواهر القلادة بالقرب من المربع العظيم في كوكبة الفرس الأعظم ـ بالقرب من تلك النقطة التي ينطلق منها في عصرنا، وابل فرساوس النيزكي. وحتى المراقبون غير النظاميين للسماء لابد أن يستوقفهم الحدث. ماذا كانـ عشاء الآلهة؟ ووفقا لما يقوله العالم الفلكي كيفين بانج، من مختبر الدفع النفثي، فإن هذا الحدث كان نقطة انطلاق للدورة الكوكبية بالنسبة لعلماء الفلك الصينيين القدماء.

لم تأت فترة أخرى في الأربعة آلاف سنة الماضية (ولن تأتي في الأربعة آلاف سنة القادمة) ترقص فيها الكواكب حول الشمس، بأسلوب يجعلها تتقارب معا من نقطة متميزة لكوكب الأرض. ولكننا سنرى ، في الخامس من مايو العام 2000، الكواكب السبعة كافة في البقعة نفسها من السماءـ على الرغم من رؤية البعض عند الفجر والبعض الآخر عند الغسق، منتشرين بحوالي 10 مرات عما كان عليه وضعهم في صباح ذلك الشتاء المنصرم في العام 1953 قبل الميلاد. ومع كل، ربما تكون ليلة مناسبة لإقامة حفل.

(2) أي التي نشأت عن اللاتينيةـ المترجم.

(3) الذي أطلق اسمه على البعثة الأوروبية ـ الأمريكية المتجهة إلى زحل.

(4) لقد أسماه ميراندا نظرا لما تنطق به ميراندا بطلة «العاصفة» من كلمات: «أوه، أيها العالم

الجديد الشجاع المملوء بمثل هؤلاء الناس» (ويجيب بروسبيرو: «إنه جديد بالنسبة لهم». ويبلغ عمر ميراندا، مثل باقي عوالم المنظومة الشمسية، حوالي 4,5 بليون سنة).

الفصل التاسع

(1) يستغرق الكوكب فترة طويلة للدوران حول الشمس، نظرا لاتساع مداره، إذ يبلغ 23 بليون ميل، كما أن قوة جاذبية الشمس ـ والتي تقيه من الطيران للخارج نحو الفضاء الواقع بين النجوم ـ عند ذلك البعد ضعيفة نسبيا، وهي تقل عن واحد على الألف مما هي عليه في جوار كوكب الأرض.

(2) إن روبرت جودار، مُخترع الصاروخ الحديث ذي الوقود السائل، كان يتصور فترة ستأتي عندما يتم تجهيز بعثات النجوم وإطلاقها من تريتون. جاء هذا التصور في العام 1927، بعد مخطوطة يدوية في العام 1918 تحمل اسم «الهجرة الأخيرة». ونظرا لجرأتها البالغة لم تطبع، وتم إيداعها خزانة صديق. ونجد على غلافها التحذير التالي: «ينبغي على قارئ هذه الملاحظات أن يكون متفائلا ويقرأها بإمعان».

(3) منبع راديوي تنبعث منه نبضات راديوية منتظمة ـ المترجم.

(4) يبعد كوكب الأرض، بالتعريف، وحدة فلكية واحدة عن نجمه الشمس.

(5) إن إشارات الراديو التي كشفت عنها ڤوييچر في العام 1992، يعتقد أنها ناجمة عن تصادم عصفات الريح الشمسية القوية مع الغاز الرقيق الواقع بين النجوم. ومن القوة الضخمة الصادرة عن الإشارة (ما يزيد على 10 تريليونات وات)، يمكن تقدير المسافة إلى الفاصل الشمسي بحوالي مائة مرة ضعف المسافة بين كوكب الأرض والشمس. وبالسرعة التي تغادر بها ڤوييچر ـ 1 المنظومة الشمسية، فإنها يمكن أن تخترق الفاصل الشمسي وتدخل إلى الفضاء الواقع بين النجوم في حوالي العام 2010. وإذا كان مصدر قوتها الإشعاعية لا يزال يعمل، فإن أخبار هذا العبور ستصل بالراديو إلى كوكب الأرض. كما أن الطاقة التي ستتحرر من تصادم هذه الموجة الصدمية مع الفاصل الشمسي سوف تجعلها أقوى مصادر الانبعاث الراديوي في المنظومة الشمسية. وهذا ما يجعلك تتساءل عما إذا كانت الصدمات الأقوى، حتى في المنظومات الكوكبية الأخرى، يمكن الكشف عنها بتلسكوباتنا الأرضية.

الفصل العاشر

(1) هذا التعبير، مثل «gosh - darned» و«geez» كان في الأصل تعبيرا ملطفا لأولئك الذين رأوا أن «Sacre - Dieu!» أو «الله المقدس»، وهو القسم الشديد القوة، هو الوصية الثانية التي ينبغي أخذها بعين الاعتبار في حينها وترديدها بصوت عال.

الفصل الحادي عشر

(1) بالنسبة لتيتان، كشف التصوير عن وجود تعاقب في الضباب المنفصل فوق الطبقة الأساسية من الأيروسول. وبالتالي فكوكب الزهرة هو العالم الوحيد في المنظومة الشمسية الذي لم تكشف كاميرات السفن الفضائية عن شيء مهم بشأنه في الضوء المرئي العادي. ومن حسن الحظ أن لدينا الآن صورا ملتقطة لكل عالم، قمنا بزيارته تقريبا (إن المستكشف المذنبي الدولي

التابع لـ ناسا، والذي دار بسرعة هائلة من خلال ذيل المذنب جياكوبيني ـ زيمر العام 1985، طار وهو أعمى، حيث إنه كان مكرسا لدراسة الجزيئات المشحونة والمجالات المغناطيسية).

(2) واليوم، يمكن الحصول على قدر كبير من الصور التلسكوبية عن طريق الكثير من الوسائل الإلكترونية مثل: الأجهزة المشحونة بشكل مزدوج، ومجموعات الصمامات الثنائية، حيث تجرى معالجتها بعد ذلك بالكمبيوتر ـ وهي التكنولوجيات التي لم تكن متاحة لدى علماء الفلك في العام 1970.

(3) لقد قدم جيمس ب. بولاك إسهامات مهمة في جميع مجالات العلوم الكوكبية. وهو أول طالب يتخرج من عندي، وكان زميلا لي منذ ذلك الحين. وقد استطاع تحويل مركز أميس (Ames) للبحوث، التابع لـ«ناسا»، إلى مركز عالمي رائد في مجال بحوث الكواكب والتدريب لعلماء الكواكب في مرحلة ما بعد الدكتوراه. وكان جيمس بولاك دمثا بصورة غير عادية كما هو الحال فيما يتعلق بقدراته العلمية، وقد توفي في العام 1994 وهو في قمة قواه.

الفصل الثاني عشر

(1) يصف سترابو في الاقتباس الوارد في مقدمة هذا الفصل، الانفجار البركاني المجاور تحت سطح البحر، والبناء السريع لجزيرة جديدة العام 197 قبل الميلاد.

(2) حتى بجباله وأخاديده تحت الأرضية، فإن كوكبنا يعد أملس بصورة تثير الدهشة، وإذا كان حجم كوكب الأرض يماثل حجم كرة البلياردو، فإن أكبر النتوءات سيصبح حجمه أقل من عُشر المليمتر ـ أي يصل حجمه إلى حالة من الصغر يصعب معها رؤيته أو الشعور به.

(3) إن عُمر سطح كوكب الزهرة، كما حددته صور رادار السفينة ماجلان يضع مسمارا إضافيا في نعش فرضية إيمانويل فيليكوفسكي ـ الذي اقترح في حوالي العام 1950 ـ من أجل الحصول على تهليل وسائل الإعلام ـ أن كوكب المشتري لفظ من 3500 سنة «مذنبا» عملاقا اصطدم بكوكب الأرض اصطدامات عدة مسّ فيها الأرض برفق متسببا في مختلف الأحداث التي يؤرخ لها في الكتب القديمة لشعوب عدة (مثل توقف الشمس خضوعا لأمر جوشوا)، ثم حوّل المذّنب نفسه بعد ذلك إلى كوكب الزهرة. وما زال هناك أناس يتبنون هذه الأفكار بجدية.

(4) براكين أيو تعد أيضا مصدرا وفيرا للذرات المشحونة كهربيا، مثل الأكسجين والكبريت، التي تملأ أنبوبا شبحيا على شكل فطيرة من المادة التي تحيط بالمشتري.

الفصل الخامس عشر

(1) على الرغم من وجود شبكة وديان عديدة التفرعات في بعض الأماكن، مثل منحدرات التل المسمى ألبا باتيرا (Alba Patera)، فإنها تُعد شابة بالمقارنة. وبطريقة ما، فحتى خلال المليون سنة الأكثر حداثة، يبدو أن المياه قد تدفقت هنا وهناك ومن وقت لآخر، عبر صحارى المريخ.

(2) اختصار للكلمة: Shergotty - Nakhla - chassigny؛ ونظرا لطول الاسم وصعوبته، تستخدم فقط أوائل الحروف (SNC) وتلفظ «سنيك».

الفصل السادس عشر

(1) وحتى عندئذ لم يكن الأمر يسيرا. فالمؤرخ البرتغالي للأحداث في تسلسلها الزمني،

جوميس إيانس دي زورارا، قدم عن طريق الأمير هنري الملاح التقييم التالي: «لقد بدا لابن صاحب المقام الرفيع أنه إذا لم يحاول هو أو مع بعض نظرائه إلى اكتساب تلك المعرفة، فلن يتجرأ أي بحار أو تاجر على المحاولة، إذ يبدو بوضوح أن أيا منهم لن يرهق نفسه بالإبحار إلى مكان لا يحمل أي تأكيد أو يقين بالحصول على الربح».

(2) إن جملة راسل «مجد محفوف بالمغامرة والأخطار». جديرة بالملاحظة. فحتى إن استطعنا أن نجعل الطيران الفضائي البشري خاليا من المخاطر ـ بالطبع لا يمكننا ـ فإنه يمكن أن يكون غير مثمر. فالأخطار تعد عنصرا أساسيا لا ينفصل عن المجد.

الفصل السابع عشر

(1) إن لم يكن الأمر كذلك، فربما كان سيوجد اليوم كوكب آخر، أقرب قليلا من الشمس أو أبعد منها قليلا، وفوقه كانت ستحاول كائنات مختلفة تماما أن تعيد بناء أصولها.

(2) إن الكويكب السيار JW 1991 يمتلك مدارا يشبه كثيرا مدار كوكب الأرض، ويسهل الوصول إليه أكثر من الوصول إلى نيروس 4660 . ولكن مداره يبدو شديد الشبه بمدار كوكب الأرض وهذا بالنسبة له موضع طبيعي. وربما يكون مرحلة ما علوية من مراحل الصاروخ القمري ساترن V التابع لبرنامج أبوللو.

الفصل الثامن عشر

(1) إن معاهدة الفضاء الخارجي، الملزمة للطرفين ـ الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي ـ تحظر وجود أسلحة الدمار الشامل في «الفضاء الخارجي». وتكنولوجيا إزاغة الكويكب السيار تقوم على هذا السلاح تحديدا ـ والحق أنها أقوى أسلحة الدمار الشامل التي تم اختراعها. وهؤلاء المهتمون بتطوير تكنولوجيا حرف الكويكبات السيارة يرغبون في مراجعة المعاهدة سالفة الذكر. ولكن، حتى مع عدم مراجعة المعاهدة، فإذا ما تم اكتشاف وجود كويكب سيار ضخم في مسار تصادمي مع كوكب الأرض، لن تفلح عندئذ السبل الدبلوماسية اللطيفة. ومع ذلك، فهناك خطر من أن عمليات الحظر المخففة على وجود مثل هذه الأسلحة في الفضاء يمكن أن تجعلنا أقل انتباها بشأن وضع رؤوس حربية من أجل خدمة أغراض الهجوم من الفضاء.

(2) ما هي التسمية الواجبة لمثل هذا العالم؟ إن تسميته باسم المصائر الإغريقية أو الأرواح المنتقمة أو إلهة الانتقام (نيميسيس) يبدو غير ملائم، لأن اصطدامه أو عدم اصطدامه بالأرض يعد أمرا في أيدينا بالكامل. وإذا ما تركناه في حاله، فإنه لن يصطدم بالأرض. وإذا ما دفعناه بمهارة ودقة، فإنه قد يصطدم بالأرض. ربما ينبغي أن نطلق عليه اسم «كرة الثمانية».

(3) هناك، بطبيعة الحال، مدى واسع من المشكلات الناجمة عن التكنولوجيا التي اخترعناها مؤخرا. ولكنها، في أغلب الحالات، ليست كوارث تماثل كارثة كامارينا. والمرء ملعون إن فعل وإن لم يفعل. وبدلا من ذلك فإنها معضلات تحتاج إلى الحكمة والتوقيت. وعلى سبيل المثال فإن المبردات الخاطئة أو فيزياء التبريد هما من بين بدائل ممكنة عديدة.

الفصل التاسع عشر

(1) في العالم الواقعي، يقترح القائمون على الفضاء في الصين إرسال كبسولة، عند منعطف

القرن، تضم رائدي فضاء إلى أحد المدارات. وسيتم قذفها عن طريق صاروخ long March 2E معدّل يجرى إطلاقه من صحراء جوبي. وإذا ما أبدى الاقتصاد الصيني معدل نمو مستمر معتدل - أقل كثيرا من النمو الأسُى الذي شهدته الصين في الفترة الواقعة من باكورة التسعينيات حتى منتصفها - فإن الصين يمكن أن تصبح إحدى القوى الفضائية القائدة في العالم مع حلول منتصف القرن الحادي والعشرين أو حتى قبل ذلك.

(2) وإذا ما كان العكس هو الذي حدث، كان ذلك سيعني أننا وأي شيء آخر، في هذا الجزء من الكون مصنوعون من المادة المضادة. وكنا عندئذ *سنسميها*، بالطبع، المادة - وكانت فكرة العوالم والحياة المصنوعة من ذلك النوع الآخر من المادة، أي المادة المشحونة بالشحنات الكهربية المعكوسة، سيتم اعتبارها نوعا من التأمل، على نطاق واسع.

(3) ويليامسون، الأستاذ الفخري في اللغة الإنجليزية بجامعة نيوميكسيكو الشرقية، يخاطبني عندما كان يبلغ من العمر 85 عاما قائلا: إنه «يندهش من رؤية ما وصل إليه العلم الصحيح من تقدم كبير» منذ أن قدم اقتراحه للمرة الأولى حول تشكيل الكواكب. إننا نقوم بمراكمة التكنولوجيا التي ستتيح لنا يوما ما تحقيق عملية تشكيل الكواكب، ولكن في الوقت الحاضر، فإن كل ما لدينا من اقتراحات أقل في جملتها عن أفكار ويليامسون الأصلية.

الفصل العشرون

(1) من المثير للدهشة أن هناك أناسا كثيرين، بمن فيهم المسؤولون عن كتابة افتتاحيات مجلة نيويورك تايمز، يشعرون بالقلق من أن الغرباء من خارج كوكب الأرض فور معرفتهم بمكاننا سيأتون إلينا ويأكلوننا. دع جانبا الاختلافات البيولوجية العميقة التي يجب أن تكون قائمة بين الغرباء المفترضين وبيننا؛ تخيل أننا نشكل طعاما شهيا جيد الإعداد موضوعا بين النجوم. فلماذا ننقل أعدادا كبيرة منا إلى مطاعم الغرباء؟ إن رسوم النقل باهظة. أليس من الأفضل أن يُسرق قليل منا نحن البشر وتُعصر أحماضنا الأمينية أو أي شيء آخر يعد مصدرا للذاذة طعمنا، وبعد ذلك تُركَّب منتجات الطعام المطابقة من النشا؟

الفصل الحادي والعشرون

(1) هل يمكن لحضارة كوكبية عاشت مراهقتها أن ترغب في تشجيع الآخرين الذين يناضلون مع تكنولوجياتهم الناشئة؟ فربما كانوا يبذلون جهودا خاصة لبث أخبار عن وجودهم، وإذاعة إعلان الانتصار حول إمكان تجنب الإبادة الذاتية. أم أنهم في البداية سيكونون حذرين جدا، ولأنهم نجحوا في تجنب كوارث من صنعهم، فلربما يخشون تقديم معلومات عن وجودهم، مخافة أن تكون هناك حضارة ضخمة أخرى غير معروفة، قائمة هناك في الظلام، تبحث عن مجال حيوي في إطار المنافسة المحتملة. ويمكن أن تمثل هذه المسألة سببا بالنسبة لنا لاستكشاف منظومات النجوم المجاورة، ولكن بتعقل.

وربما يرجع صمتهم إلى سبب آخر: لأن الإعلان عن وجود حضارة متقدمة يمكن أن يشجع الحضارات الناشئة على بذل جهد أقل من المطلوب لحماية مستقبلها - مع أمل، في المقابل، أن يأتي فرد ما من الظلام ويحميهم من أنفسهم.

(T) راجع:

cf. Shadows of Forgotten Ancestors: A Search for Who We Are, by Carl Sagan and Ann Druyan (New York: Random House, 1992).

الفصل الثاني والعشرون

(1) وحتى إن لم نكن في عجلة خاصة من أمرنا، فيمكننا عندئذ أن نقدر على جعل عوالم صغيرة تتحرك بأسرع من إمكان أن نجعل سفينة الفضاء تتحرك. وإذا ما كان الأمر كذلك، فإن أخلافنا سيدركون في نهاية المطاف سفينتي الفضاء ڤوييچر- اللتين أطلقتا في القرن العشرين البعيد- قبل أن تغادرا سحابة أوورت وقبل أن تندفعا إلى الفضاء الواقع بين النجوم، وربما سيقومون بتجديد هاتين السفينتين المهجورتين من زمان بعيد، أو قد يسمحون لهما بمواصلة الرحلة.

(2) إنها قيمة تقرب بدقة من التقديرات الحديثة لعدد الكواكب التي تدور حول النجوم في مجرة درب التبانة.

(3) يمكن أن يتكون غالبيتها من مادة «nonbaryonic» غير المصنوعة من البروتونات والنيوترونات المألوفة لدينا، ولا حتى من المادة المضادة. ويبدو أن أكثر من 90٪ من كتلة الكون يوجد في هذه المادة الداكنة الجوهرية شديدة الغموض غير المعروفة كليا على كوكب الأرض. وربما يأتي يوم نتمكن فيه ليس فقط من فهمها بل إيجاد استخدام لها.



PLANETARY EXPLORATION IN GENERAL:

J. KELLY Beatty and Andrew Charken, editors, The New Solar System,third edition (Cambridge: Cambridge University Press, 1990).

Eric Chaisson and Steve McMillan, Astronomy Today (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993).

Esther C. Goddard, editor, The Papers of Robert H. Goddand (New York: McGraw-Hill, 1970) (three volumes).

Ronald Greeley, Planetary Landscapes, second edition (New York: Chapman and Hall, 1994).

William J. Kaufmann III, Universe, fourth edition (New York: W.H.Freeman, 1993).

Harry Y. McSween, Jr., Stardust to Planets (New York: St. Martin's. 1994).

Ron Miller and William K. Hartmann, The Grand Tour: A Traveler's Guide to the Solar System, revised edition (New York: Workman, 1993).

David Morrison, Exploring Planetary Worlds (New York: Scientific American Books, 1993).

Bruce C. Murray, Journey to the Planets (New York: W.W.Norton, 1989).

Jay M. Pasachoff, Astronomy: From Earth to the Universe (New York: Saunders, 1993).

Carl Sagan, Cosmos (New YorkL: Random House, 1980).

Konstantin Tsiolkovsky, The Call of the Cosmos (Moscow: Foreign Languages Publishing House, 1960) (English translation).

CHAPTER 3, THE GREAT DEMOTIONS

John D. Barrow and Frank J. Tipler, The Anthropic Cosmological Principle (New York: Oxford University Press, 1986).

A. Linde, Particle Physics and Inflationary Cosmology (Harwood Academy Publishers, 1991).

B. Stewart, "Science or Animism?", Creation/Evolution, vol. 12, no.1 (1992), pp.18-19.

Steven Weinberg, Dreams of a Final Theory (New York: Vintage Books, 1994).

CHAPTER 4, A UNIVERSE NOT MADE FOR US

Bryan Appleyard, Understanding the Present: Science and the Soul of Modern Man (London: Picador/Pan Books Ltd. 1992). Passages quoted appear, in order, on the following pages: 232, 27, 32, 19, 19, 27, 9, xiv, 137,112-113,206, 10, 239,8,8.

J.B. Bury, History of the Papacy in the 19th Century (New York: Schocken, 1964). Here, as in many other sources, the 1864 Syllabus is transcribed into its "positive" from (e.g., "Divine revelation is perfect") rather than as part of a list of condemned errors ("Divine revelation is imperfect").

CHAPTER 5, IS THERE INTELLIGENT LIFE ON EARTH?

Carl Sagan, W.R. Thompson, Robert Carlsson, Donald Gurnett, and Charles Hord, "A Search for Life on Earth from the Galileo Spacecraft", Nature, vol.365 (1993), pp.715-721.

CHAPTER 7, AMONG THE MOONS OF SATURN

Jonathan Lunine, "Does Titan Have Oceans?", American Scientist, vol.82 (1994), pp.134-144.

Carl Sagan, W. Reid Thompson, and Bishun N. Khare, "Titan: A Laboratory for Prebiological Organic Chemistry", Accounts of Chemical Research, vol. 25 (1992), pp. 286-292.

J.William Schopf, Major Events in the History of Life (Boston: Jones and Bartlett, 1992).

CHAPTER 8, THE FIRST NEW PLANET

I, Bernard Cohen, "G.D. Cassini and the Number of the Planets," in Nature, Experiment and the Science, Trevor Levere and W.R. Shea, editors (Dordrecht: Kluwer, 1990).

CHAPTER 9, AN AMERICAN SHIP AT THE FRONTIERS OF THE SOLAR SYSTEM

Murmurs of Earth, CD-ROM of the Voyager interstellar record, with introduction by Carl Sagan and Ann Druyan (Los Angeles: Warner New Media, 1992), WNM 14022.

Alexander Wolszcan, "Confirmation of Earth-Mass Planets Orbiting the Millisecond Pulsar PSR B1257+12," Science, vol. 264 (1994), pp. 538-542.

CHAPTER 12, THE GROUND MELTS

Peter Cattermole, Venus: The Geological Survey (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1994).

Peter Francis, Volcanoes: A Planetary Perspective (Oxford: Oxford University Press, 1993).

CHAPTER 13, THE GIFT OF APOLLO

Andrew Chaikin, A Man on the Moon (New York: Viking, 1994).

Michael Collins, Liftoff (New York: Grove Press, 1988).

Daniel Deudney, "Forging Missiles into Spaceships," World Policy Journal, vol. 2, no. 2 (Spring 1985), pp. 271-303.

Harry Hurt, For All Mankind (New York: Atlantic Monthly Press, 1988).

Richard S. Lewis. The Voyages of Apollo: The Exploration of the Moon (New York: Quadrangle, 1974).

Walter A. McDougall, The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age (New York: Basic Books, 1985).

Alan Shepherd, Deke Slayton et al., Moonshot (Atlanta: Hyperion, 1994).

Don E. Wilhelms To a Rocky Moon: A Geologist's History of Lunar Exploration (Tucson:

University of Arizona Press, 1993).

CHAPTER 14, EXPLORING OTHER WORLDS AND PROTECTING THIS ONE

Kevin W. Kelley, editor, The Home Planet (Reading, MA: Addison-Wesley, 1988).

Carl Sagan and Richard Turco, A Path Where No Man Thought:

Nuclear Winter and the End of the Arms Race (New York: Random House, 1990).

Richard Turco, Earth Under Siege: Air Pollution and Global Change, (New York: Oxford University Press, in press).

CHAPTER 15, THE GATES OF THE WONDER WORLD OPEN

Victor R. Baker, The Channels of Mars (Austin: University of Texas Press, 1982).

Michael H. Carr, The Surface of Mars (New Haven: Yale University Press, 1981).

H.H.Kieffer, B.M. Jakosky, C.W.Snyder, and M.S. Matthews, editors, Mars (Tucson: University of Arizona Press, 1992).

John Noble Wilford, Mars Beckons: The Mysteries, the Challenges, the Expectations of Our Next Great Adventure in Space (New York: Knopf, 1990).

CHAPTER 18, THE MARSH OF CAMARINA

Clark R. Chapman and David Morrison, "Impacts on the Earth by Asteroids and Comets: Assessing the Hazard," Nature, vol. 367 (1994), pp. 33-40.

A.W.Harris, G. Ganavan, C. Sagan, and S.J.Ostro, "The Deflection Dilemma: Use vs. Misuse of Technologies for Avoiding Interplanetary Collision Hazards," in Hazards Due to Asteroids and Comets, T. Gehrels, editor (Tucson: University of Arizona Press, 1994).

John S. Lewis and Ruth A. Lewis, Space Resources: Breaking the Bonds of Earth (New York: Columbia University Press, 1987).

C. Sagan and S.J.Ostro, "Long-Range Consequences of Interplanetary Collision Hazards," Issues in Science and Technology (Summer 1994), pp 67-72.

CHPTER 19, REMAKING THE PLANETS

J.D. Bernal, The World, the Flesh, and the Devil (Bloomington, IN: Indiana University Press, 1969; first edition, 1929).

James B. Pollack and Carl Sagan, "Planetary Engineering," in J.Lewis and M. Matthews, editors, Near-Earth Resources (Tucson: University of Arizona Press, 1992).

CHAPTER 20, DARKNESS

Frank Drake and Dava Sobel, Is Anyone Out There? (New York: Delacorte, 1992).

Paul Horowitz and Carl Sagan, "Project META: A Five-Year All-Sky Narrowband Radio Search for

Extraterrestrial Intelligence," Astrophysical Journal, vol. 415 (1992), pp.218-235.
Thomas R. McDonough, The Search for Extraterrestrial Intelligence (New York: John Wiley and Sons, 1987).
Carl Sagan, Contact: A Novel (New York: Simon and Schuster, 1985).

CHAPTER 21, TO THE SKYI

J.Richard Gott III, "Implications of the Copernican Principle for Our Future Prospects," Nature, vol. 263 (1993), pp.315-319.

CHAPTER 22, TIPTOEING
THROUGH THE MILKY WAY

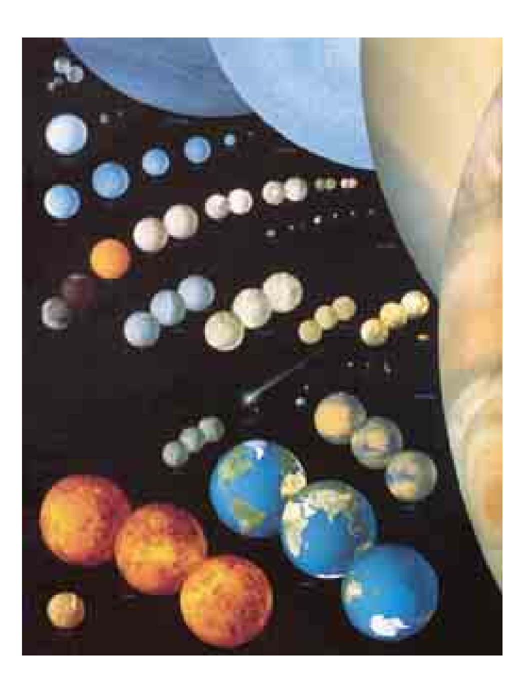
I.A. Crawford, "Interstellar Travel: A Review for Astronomers," Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society. vol.31 (1990), p.377.
I.A. Crawford, "Space, World Government, and 'The End of History,' "Journal of the British Interplanetary Society, vol. 46 (1993), pp. 415-420.
Freeman J. Dyson, The World. the Flesh, and the Devil (London: Birkbeck College, 1972).
Ben R. Finney and Eric M. Jones, editors, Interstellar Migration and the Human Experience (Berkeley: University of California Press, 1985).
Francis Fukuyam, The End of History and the Last Man (New York: The Free Press, 1992).
Charles Lindholm, Charisma (Oxford: Blackwell, 1990). The comment on the need for a telos is in this book.
Eugene F. Mallove and Gregory L., Matloff, The Starflight Handbook (New York: John Wiley and Sons, 1989).
Carl Sagan and Ann Druyan, Cmet (New York: Random House, 1985).

ملحق الصور والتعليقات



صور وتعليقات لمقدمة

(١) كوكب الأرض: يبدر كنقطة زرقاء باهتة في أشعة الشمس. التقطت سفينة الفضاء فوييجر-١ هذه الصورة من خلف مدار كوكب نبتون.



(2) عوالم المنظومة الشمسية كما كانت معروفة في فترة نهاية عصر الاستطلاعات الاستكشافية الأولى لمركبات الفضاء. الكواكب الشبيهة بالأرض، ما عدا عطارد وأقمار المشتري التي اكتشفها جاليليو، تبدو واضحة في ثلاث دوائر مختلفة لخط الزوال.
كما تبدو بعض أقمار كوكبي زحل وأورانس واضحة في دائرتي زوال مختلفتين. ولا توجد تفاصيل واضحة عن تيتان[1]، حيث لا يعرف أي شيء تقريبا عن سطحه. وتظهر بعض تفاصيل ضئيلة لأجزاء من بعض العوالم - مثل ريّا[2]، وكاليستو[3]، وعطارد - إذ لم تزرها أبدا عن قرب أي مركبة فضائية تجول بين الكواكب. أما بلوتو وتابعه شارون، فيظهران التفاصيل التي يستدل عليها من خلال الرصد الأرضي، بالأشعة تحت الحمراء، لعمليات الاستتار[4]. وتغيب عن الصورة كثير من الأقمار الصغيرة بالمنظومة الشمسية الخارجية. وجميع العوالم الواردة بالصورة، فيما عدا ما نشير إليه على نحو خاص، موضحة طبقا لمقياس الرسم. (ميماس)[5]، على سبيل المثال، يبدو أكبر بثلاث مرات من الحجم الذي يمكن مقارنته في الواقع بكوكب الأرض مثلا. وترتكز غالبية بيانات هذا الشكل من المعلومات التي جلبتها إحدى سفن الفضاء التي أطلقتها الإدارة القومية للطيران والفضاء (ناسا). أما بيانات كوكب الزهرة، فتعتمد جزئيا على معلومات إحدى سفن الفضاء السوفييتية، في حين تعتمد بيانات المذنب هالي على معلومات سفينة فضاء تابعة لوكالة الفضاء الأوروبية.

---

(1) و (2) و(5) تيتان وريا وميماس توابع للكوكب زحل (المترجم).

(3) القمر الخامس للمشتري.

(4) استتار النجوم: هو اختفاء نجم ثابت خلف القمر، عندما يكون الأخير في خط البصر بين المشاهد والنجم (المترجم)

صور وتعليقات الفصل الأول

YOU ARE HERE

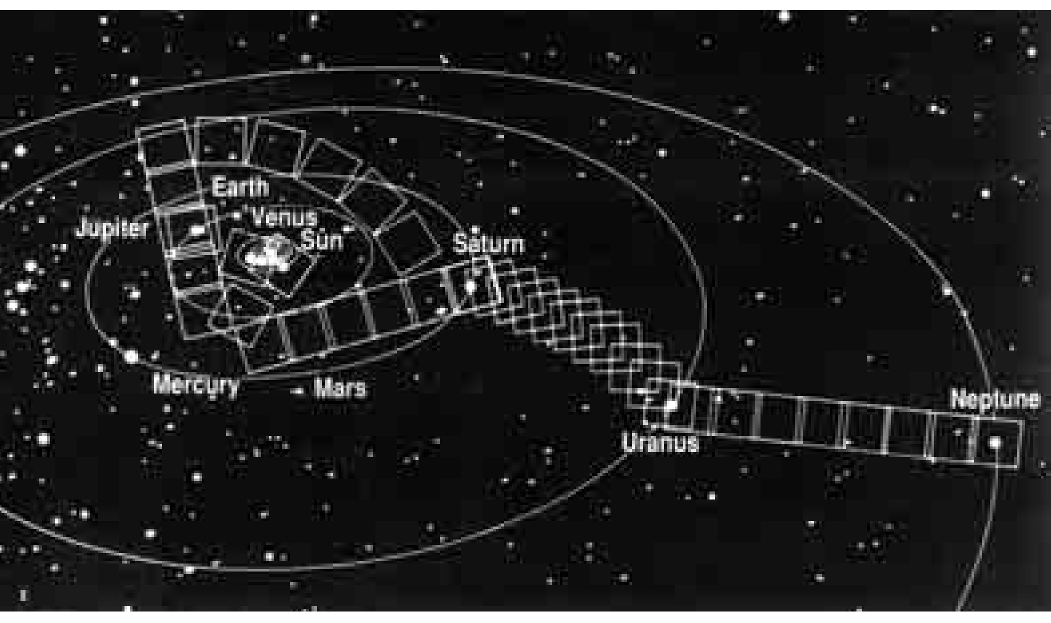
(3) موقع كوكب الأرض والشمس (وكثير من النجوم في سماء الليل) كما يبدو من نقطة متميزة خارج درب التبانة. ويمكن إدراك مدى توافق هذه الصورة في إطار بنية مجرتنا من خلال مقارنتها بالصورة الرقم 164 بالفصل الثاني والعشرين من الكتاب (الصورة من رسم چون لومبرج).



(24) مم تتكون محيطات كوكب الأرض؟ صور توضح متوسط درجة حرارة كوكب الأرض (في يناير 1979): الصورة العلوية لفترة النهار، يعبر اللون البني عن أشد المناطق حرارة مع الإشارة لانخفاض درجات الحرارة باستخدام درجات اللون الأحمر فالأزرق الخفيف وصولا لدرجات الأزرق القاتم،



(24) مم تتكون محيطات كوكب الأرض؟ صور توضح متوسط درجة حرارة كوكب الأرض (في يناير 1979): الصورة العلوية لفترة النهار، يعبر اللون البني عن أشد المناطق حرارة مع الإشارة لانخفاض درجات الحرارة باستخدام درجات اللون الأحمر فالأزرق الخفيف وصولا لدرجات الأزرق القاتم،



ب ـ الطيف المرئي، وطيف الأشعة تحت الحمراء القريبة الصادران عن كوكب الأرض، وقد أمكن الحصول عليهما من سفينة الفضاء جاليليو، ويبدو واضحا وجود بخار الماء وكميات كبيرة من جزيئات الأكسجين.



صورة لكوكب الأرض، تم التقاطها من سفينة الفضاء جاليليو من خلال أطوال موجات مختارة بشكل خاص في إطار الأشعة الحمراء القصوى وتحت الحمراء القريبة، ثم جرى تركيبها في صورة زائفة الألوان. يدل اللون الأزرق على وجود الأكسجين في الهواء، ويبدو وجود قدر وفير منه عند القطبين، ذلك لأننا ننظر من خلال أكبر ممر منحدر عبر الغلاف الجوي، عندما ننظر إلى



ب ـ أعلى ولاية نيويورك في تخيل زائف الألوان عن طريق لاندسات(*) مبكر. الماء لونه أسود، والسحب بيضاء، والنباتات حمراء. تقع بحيرة أونتاريو في قمة الصورة والبحيرات أصبعية الشكل تقع في أسفلها البحيرتان الكبيرتان: بحيرة سينيكا (يسار)، وبحيرة كايوجا (يمينا). عند أقصى ميل جنوبي لبحيرة كايوجا توجد إثاكا في نيويورك، حيث يعيش المؤلف. ولاتوجد في هذه الصورة أي إشارة واضحة على وجود حياة أو كائنات ذكية.



(28) أ- تخيل زائف الألوان لمدينة نيويورك والمنطقة المجاورة لها عن طريق لاندسات مبكر، ودرجة وضوح الصورة تظهر تفصيلات ما يمتد 100متر، وتبدو مدينة نيويورك - مثل كل المدن على كوكب الأرض - كبقعة داكنة.



(29) علامة على وجود حياة على كوكب الأرض: في هذه الصورة زائفة الألوان، يبدو بحر سالتون في جنوب كاليفورنيا على شكل شيء مستطيل أسود اللون. نموذج رفعة الداما الخضراء ترجع إلى النباتات - حقول زراعية منتظمة، في شكل مربعات ومستطيلات دقيقة. الحد الأفقي قرب القاعدة في نموذج رقعة الداما يمثل الحدود بين الولايات المتحدة (أعلى) والمكسيك (أسفل).



(30) ثلوج جليدية في بحر ويديل بالقارة القطبية الجنوبية (بأنتاركتيكا) والصورة بدرجة وضوح تظهر تفصيلات ما يمتد أكثر من عشرة أمتار توجد خطوط مستقيمة، ولكن دونما إشارة إلى الحياة.



(31) العربية السعودية في صورة زائفة الألوان عن طريق لاندسات: الحياة النباتية في الصحراء، تمثل الملامح الدائرية حقولا زراعية تستخدم في ريها أنظمة الري المعتمدة على محور مركزي - وتبدو الحقول حديثة البذر موضحة باللون الأسود، أما النبات الناضج الذي لم يتم حصاده بعد، فيبدو باللون الأحمر.

(32) مدينة نيويورك والمنطقة المجاورة لها كما تراها سفينة الفضاء «سبوت» بدرجة وضوح للصورة تظهر تفصيلات ما يمتد أكثر من عشرة أمتار، ويبدو واضحا بالصورة: الهندسة العادية للشوارع، والطرق الكبرى، والكباري، وأرصفة الموانى. لاحظ الشكل المستطيل للحديقة المركزية التي ما تزال تحوي حياة نباتية في جزيرة مانهاتن.





(34) واشنطن العاصمة، صورة في الليل. يمكن تمييز عاصمة الولايات المتحدة أعلى يمينا، يحيط بها قليل من الخضرة (موضحة باللون الأحمر الزائف)، ويتفرع منها عدد كبير من الشوارع،



(34) واشنطن العاصمة، صورة في الليل. يمكن تمييز عاصمة الولايات المتحدة أعلى يمينا، يحيط بها قليل من الخضرة (موضحة باللون الأحمر الزائف)، ويتفرع منها عدد كبير من الشوارع، ويمكن العثور على Potomac بالقرب من الكباري (جهة اليسار، بالوسط) بين خطوط مستقيمة ومربعات ومستطيلات وشكل خماسي.



(16) المجرة اللولبية NGC21365.

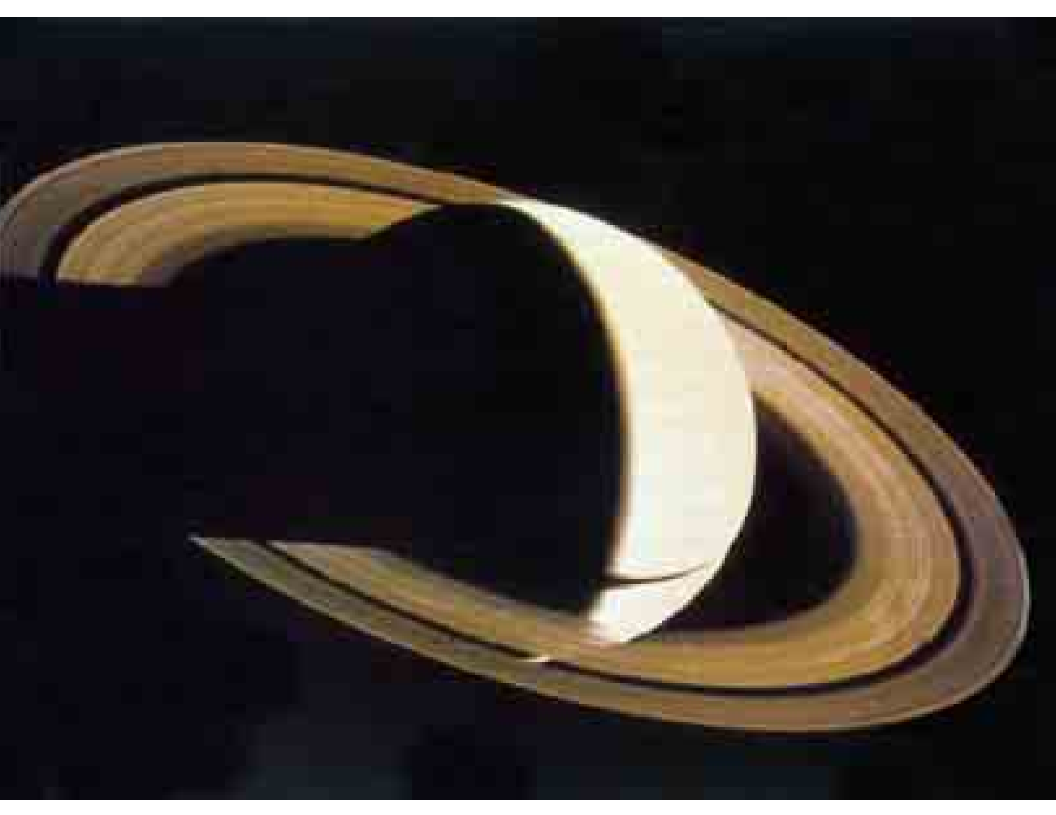
صور وتعليقات الفصل الرابع



(17) «نسيج مادة الفضاء» ـ صورة بالألوان المائية، رسمها جريج مورت ـ لكون كهبة غير متوقعة.



(18) تغير في المنظور: كوكب الارض يرتفع فوق حوض مارسميثي على القمر، (Mare Smythii) والناجم عن تصادم قديم، لو أننا نعيش على القمر، هل كنا سنعتبره مركز الكون. والأرض نقدم لنا فروض التبجيل؟ (صور التقطها سفينة الفضاء أبوللو. 11)



(19) النظام في الطبيعة، هل الانتظام المتقن لمنظومات الحلقة الكوكبية (الصورة أعلاه) أو المجرات اللولبية (الصورة التالية (20)) يشير الى تدخلات مباشرة لإله يعتبر النظام نعمة؟
(إضاءة خلفي لكوكب زحل، كما رأته سفينة الفضاء «ڤوييچر-2» بعد مرورها به في طريقها الى كوكب أورانوس.



(20) مسييه 100، في عنقود مجرات العذراء، يبعد بحوالي 62 مليون سنة ضوئية.



صور وتعليقات الفصل الخامس

(21) هل توجد حياة ذكية على كوكب الأرض؟ جزيرة إليوثيرا في جزر البهاما. تخيل لوني زائف من القمر الصناعي «سبوت».



(22) كوكب الأرض مرئيا من سفينة الفضاء جاليليو. لا توجد أي إشارة على وجود الحياة.



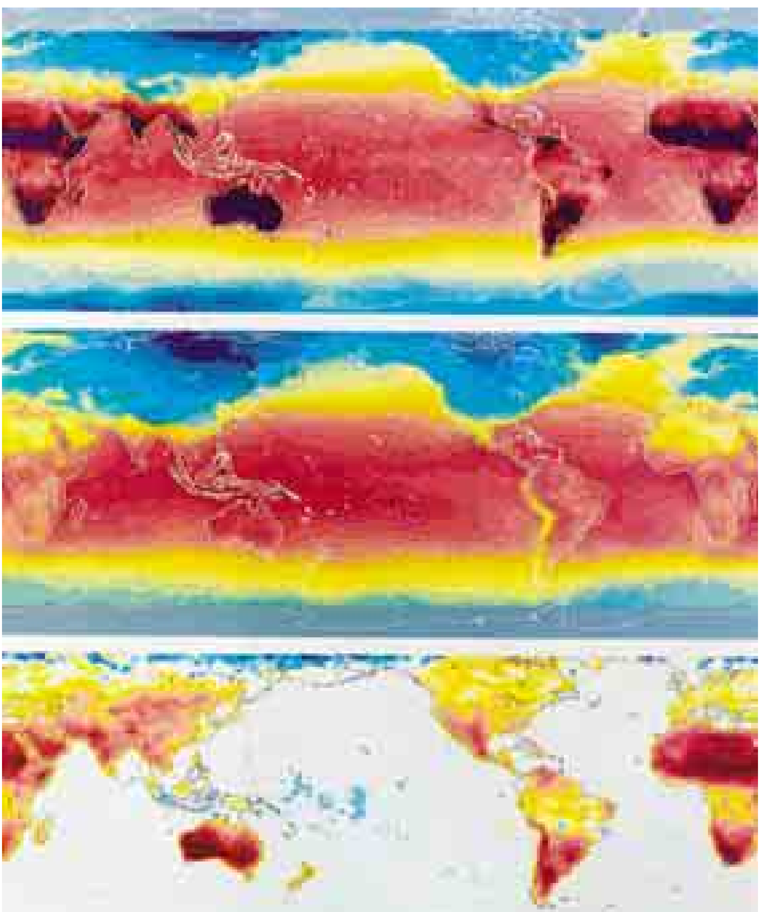
(23) أ ـ كوكب الأرض في ضوء الشمس المرئي المنعكس كما يرى من الفضاء. يبدو شرق أفريقيا واضحا، حيث بدأ النوع الإنساني، ولكن الصورة بقوة تحليل للصورة الخاصة بتلك المساحة الشاسعة لا تحوي أي إشارة على وجود الحياة.



ب ـ كوكب الأرض مرئيا من الفضاء في ظل انبعاث الأشعة تحت الحمراء، وقد تم التقاط هذه الصورة في لحظة التقاط الصورة الأولى نفسها، تبدو المناطق الحارة باللون الأصفر ثم تتدرج إلى الأحمر، فالرمادي ثم الأزرق. وفي هذا اليوم تحديدا، كان الجو حارا في الصحراء الغربية، هناك سحب كثيفة فوق زائير، وضباب فوق أوروبا.

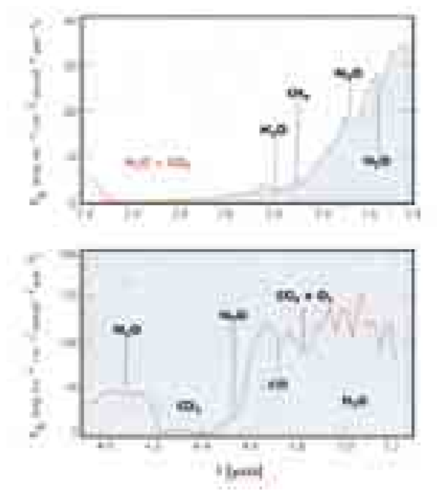


جـ ـ كوكب الأرض في ظل انعكاس ضوء الأشعة تحت الحمراء القريبة - حيث يمتص ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء الضوء، والتفاصيل المرئية كافة تعكس ظروف الغلاف الجوي العلوي، السطح يصعب تمييزه تماما، والاختلاف القائم بين هذه الصورة وسابقتيها يكفي للإشارة إلى التأثير الجوهري للبيت الزجاجي (green house) على كوكب الأرض.

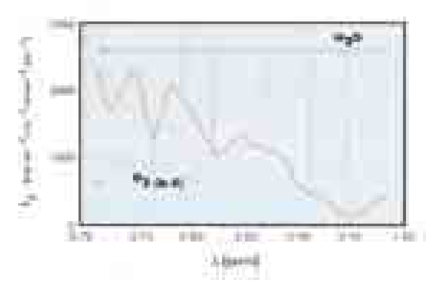


(24) مم تتكون محيطات كوكب الأرض؟ صور توضح متوسط درجة حرارة كوكب الأرض (في يناير 1979): الصورة العلوية لفترة النهار، يعبر اللون البني عن أشد المناطق حرارة مع الإشارة لانخفاض درجات الحرارة باستخدام درجات اللون الأحمر فالأزرق الخفيف وصولا لدرجات الأزرق القاتم، تبدو أفريقيا مرتين في هذا التصور المركتوري(*). إنه صيف في الجنوب حيث استراليا والنصف الجنوبي من أمريكا الجنوبية وجنوب أفريقيا وهو من بين المواقع الحارة على كوكب الأرض. وتوضح الصورة التي تقع في المنتصف درجات الحرارة شهريا ولكن أثناء الليل حين بردت كل المواقع التي كانت حارة في النهار. أما الصورة السفلية، فتوضح اختلاف درجات الحرارة بين النهار والليل، ويبدو أكبر تغير في درجة الحرارة بين النهار والليل في المنطقة الصحراوية واستراليا، وهو الأمر الذي يميز الصحارى، ولا تتغير درجة حرارة المحيطات ما بين النهار والليل، ومن هذه الحقيقة وحدها يمكننا الافتراض بأن المحيطات تتكون من الماء السائل، وهو مادة يلاحظ كرهها

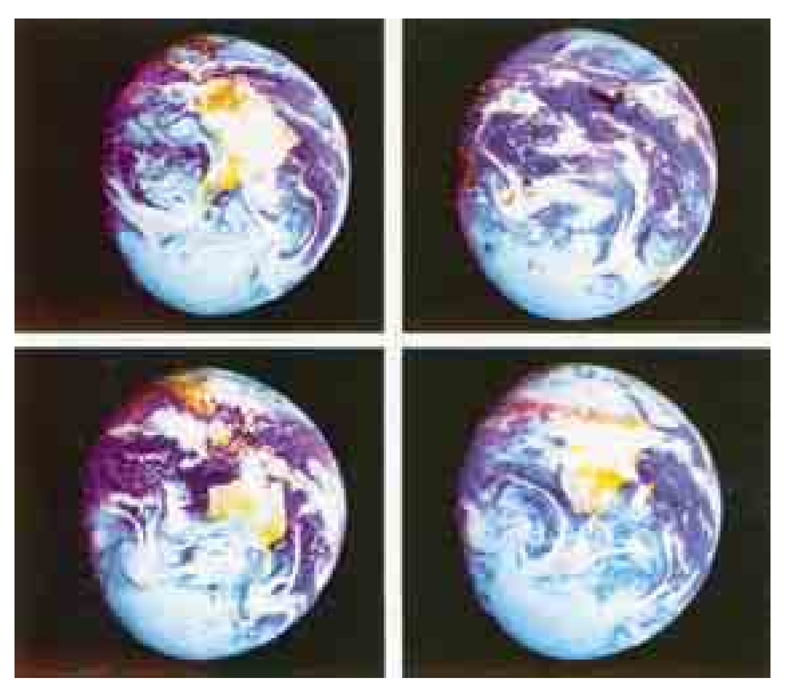
(*) طريقة في رسم الخرائط تمثل فيها خطوط الطول والعرض بخطوط مستقيمة غير منحنية - المترجم.



(25) أ- طيف الأشعة تحت الحمراء لكوكب الأرض والذي حصلت عليه سفينة الفضاء جاليليو، ويبدو بوضوح وجود بخار الماء، والميثان، وثاني أكسيد الكربون، وأول أكسيد الكربون، وأكسيد النيتروز.



ب- الطيف المرئي، وطيف الأشعة تحت الحمراء القريبة الصادران عن كوكب الأرض، وقد أمكن الحصول عليهما من سفينة الفضاء جاليليو، ويبدو واضحا وجود بخار الماء وكميات كبيرة من جزيئات الأكسجين.



صورة لكوكب الأرض، تم التقاطها من سفينة الفضاء جاليليو من خلال أطوال موجات مختارة بشكل خاص في إطار الأشعة الحمراء القصوى وتحت الحمراء القريبة، ثم جرى تركيبها في صورة زائفة الألوان. يدل اللون الأزرق على وجود الأكسجين في الهواء، ويبدو وجود قدر وفير منه عند القطبين، ذلك لأننا ننظر من خلال أكبر ممر منحدر عبر الغلاف الجوي، عندما ننظر إلى القطبين. ويدل اللون الأحمر الضارب إلى الأرجواني على بخار الماء، وهو يقترن بالسحب. وتبدو معادن السيليكات العادية باللون الرمادي، ولكن قارات الكوكب مرسومة بمادة صبغية بحيث تبدو في هذا التركيب، زائف الألوان، واضحة باللون البرتقالي، ولا تبدو هذه المادة الصبغية في أي كوكب آخرمن كواكب المنظومة الشمسية. إنه في الواقع كلوروفيل، وإشارة واضحة على وجود الحياة على كوكب الأرض. وبدءا من الصورة العلوية بالجانب الأيسر. نجد أن الصور الأربع تركز على أمريكا الجنوبية، المحيط الهادي المركزي، استراليا وأندونيسيا، أفريقيا. وعند طيرانها من كوكب الأرض في ديسمبر 1990، كان أكبر اقتراب لسفينة الفضاء جاليليو (900 كيلو مترا) فقط يقع فوق استراليا وانتاركتيكا (القارة القطبية الجنوبية).



(27) أ- أوروبا الغربية بدرجة وضوح للصورة تظهر تفصيلات ما يزيد على عشرات الكيلومترات. ماتزال علامات وجود الحياة غائبة.



ب ـ أعلى ولاية نيويورك في تخيل زائف الألوان عن طريق لاندسات(*) مبكر. الماء لونه أسود، والسحب بيضاء، والنباتات حمراء. تقع بحيرة أونتاريو في قمة الصورة والبحيرات أصبعية الشكل تقع في أسفلها البحيرتان الكبيرتان: بحيرة سينيكا (يسار)، وبحيرة كايوجا (يمينا). عند أقصى ميل جنوبي لبحيرة كايوجا توجد إثاكا في نيويورك، حيث يعيش المؤلف. ولاتوجد في هذه الصورة أي إشارة واضحة على وجود حياة أو كائنات ذكية.

(*) سلسلة من خمسة أقمار صناعية حساسة عن بعد تابعة لـ «ناسا» ـ المترجم



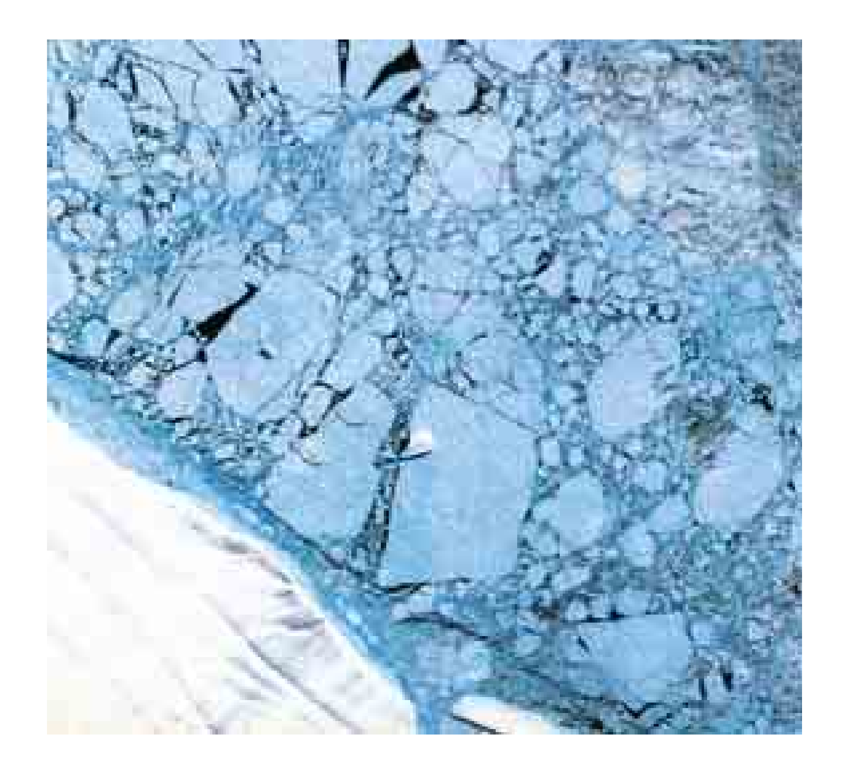
(28) أ. تخيل زائف الألوان لمدينة نيويورك والمنطقة المجاورة لها عن طريق لاندسات مبكر، ودرجة وضوح الصورة تظهر تفصيلات ما يمتد 100متر، وتبدو مدينة نيويورك - مثل كل المدن على كوكب الأرض - كبقعة داكنة.



ب. حافة صحراء جوبي بالصين، في تخيل زائف الألوان عن طريق لاندسات. التلال الرملية تبدوباللون البني، أسفل يمينا، والجليد يبدو باللون الأزرق، والرواسب الغرينية مروحية الشكل باللون الأرجواني الفاتح، والحياة النباتية النافعة باللون



(29) علامة على وجود حياة على كوكب الأرض: في هذه الصورة زائفة الألوان، يبدو بحر سالتون في جنوب كاليفورنيا على شكل شيء مستطيل أسود اللون. نموذج رقعة الداما الخضراء ترجع إلى النباتات - حقول زراعية منتظمة، في شكل مربعات ومستطيلات دقيقة. الحد الأفقي قرب القاعدة في نموذج رقعة الداما يمثل الحدود بين الولايات المتحدشة (أعلى) والمكسيك (أسفل).



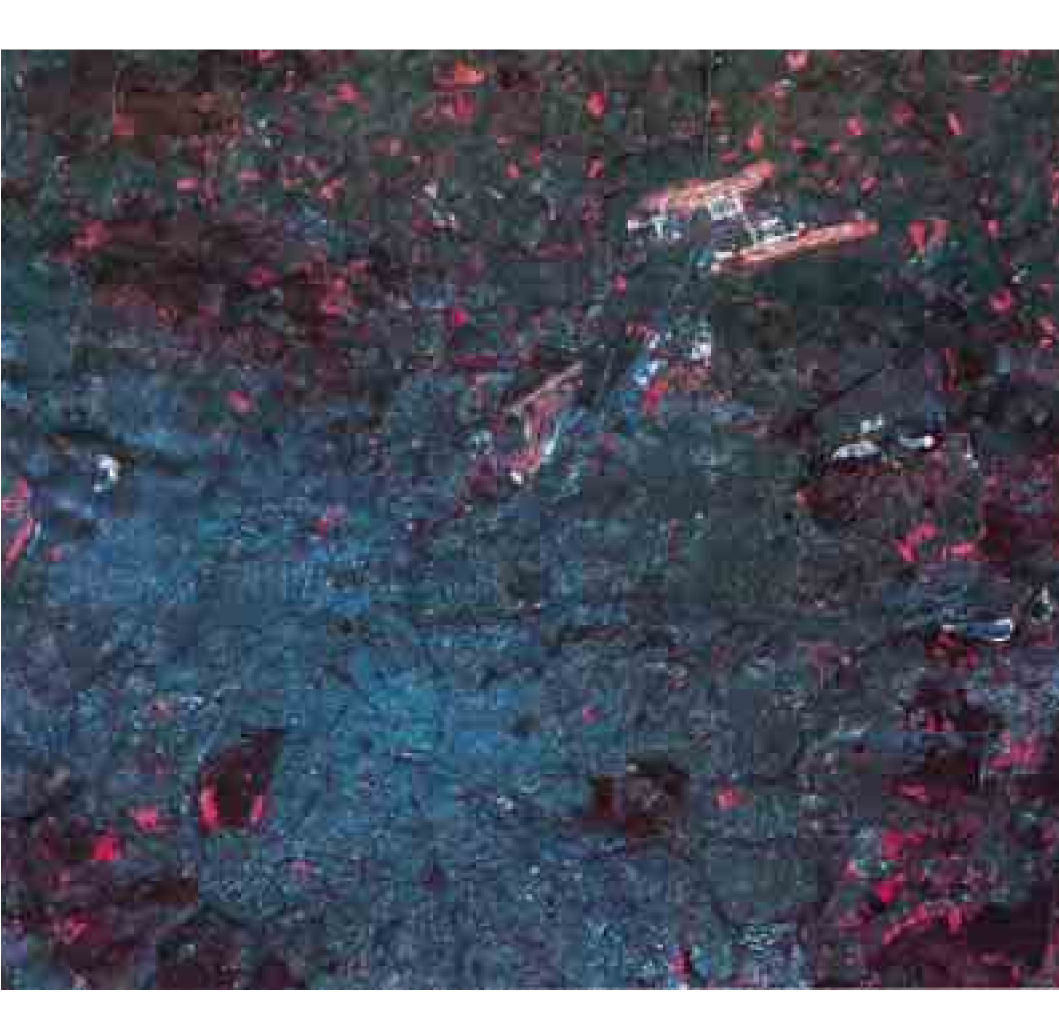
(30) ثلوج جليدية في بحر ويديل بالقارة القطبية الجنوبية (بأنتاركتيكا) والصورة بدرجة وضوح تظهر تفصيلات ما يمتد أكثر من عشرة أمتار توجد خطوط مستقيمة، ولكن دونما إشارة إلى الحياة.



(31) العربية السعودية في صورة زائفة الألوان عن طريق لاندسات: الحياة النباتية في الصحراء، تمثل الملامح الدائرية حقولا زراعية تستخدم في ريها أنظمة الري المعتمدة على محور مركزي - وتبدو الحقول حديثة البذر موضحة باللون الأسود، أما النبات الناضج الذي لم يتم حصاده بعد، فيبدو باللون الأحمر.



(32) مدينة نيويورك والمنطقة المجاورة لها كما تراها سفينة الفضاء «سبوت» بدرجة وضوح للصورة تظهر تفصيلات ما يمتد أكثر من عشرة أمتار، ويبدو واضحا بالصورة: الهندسة العادية للشوارع، والطرق الكبرى، والكباري، وأرصفة المواني. لاحظ الشكل المستطيل للحديقة المركزية التي ما تزال تحوي حياة نباتية في جزيرة مانهاتن.



(33) باريس، المشهد يقطعه نهر السين، ثعباني الشكل، وتوضح الملاحظة عن قرب كثيرا من الكباري عبر نهر السين، والشوارع الرئيسية كافة، ويقع قوس النصر في منتصف الصورة، على يسار المركز، عند مركز الطرقات المتشعبة، بما فيها شارع شانزليزيه.



(34) واشنطن العاصمة، صورة في الليل. يمكن تمييز عاصمة الولايات المتحدة أعلى يمينا، يحيط بها قليل من الخضرة (موضحة باللون الأحمر الزائف)، ويتفرع منها عدد كبير من الشوارع، ويمكن العثور على Potomac بالقرب من الكباري (جهة اليسار، بالوسط) بين خطوط مستقيمة ومربعات ومستطيلات وشكل خماسي.



(35) أ- كوكب الأرض ليلا في تصور مركتوري، (الصورة عن طريق: قمر أرصادي تابع لوزارة الدفاع Defense Meteorological Satellite بإذن من وود روف سوليفان، بجامعة واشنطن ووزارة الدفاع الأمريكية).



ب - سفينة الفضاء جاليليو تخرج من خليج التحميل لمكوك الفضاء اطلانتيس في طريقها إلى حزام الكويكبات السيارة (استرويد)، جاسبرا وإيدا، وصولا إلى المشتري، والزهرة (مصادفة) وكوكب الأرض.

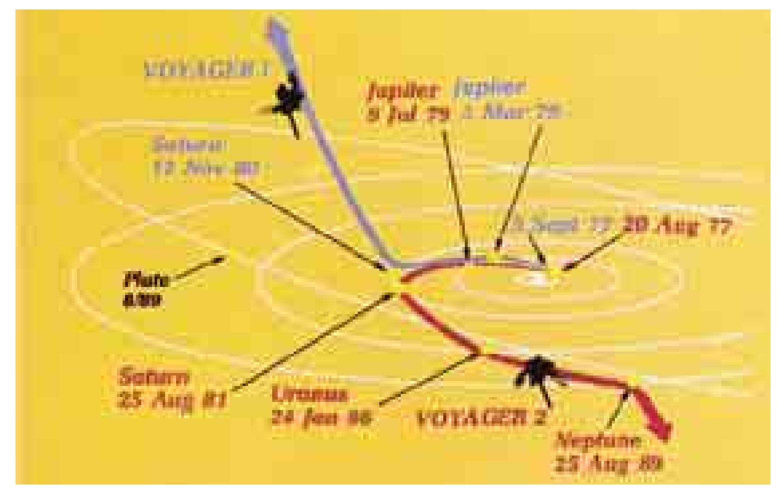


(36) غابات الأمازون المطيرة عند الشفق، كل نقطة لامعة من الضوء هي حريق في غابة، والسحب البيضاء ليست سوى الدخان الناجم عنه.

صور وتعليقات الفصل السادس



(37) صورة لكوكب زحل التقطتها سفينة الفضاء ڤوييچر - 1 يوم 3 نوفمبر العام 1980، من مسافة 13 مليون كيلومتر (8 ملايين ميل). الفاصل الرئيسي في الحلقات يسمى انقسام كاسيني، نسبة إلى العالم الفلكي الإيطالي - الفرنسي بالقرن السابع عشر. چيه.دي.كاسيني. القمران الواضحان في الصورة هما تيثز و ديون - من أقمار كوكب زحل. وتبدو ظلال حلقات زحل والقمر تيثز ملقاة على سحب الكوكب.



(38) أ- مسارا سفينتي الفضاء ڤوييچر.

ب ـ المناطق الاستوائية بالقمر جانيميد التابع لكوكب المشتري، كما كشفت عنها سفينتا الفضاء ڤوييچر - 1 وڤوييچر - 2. وقد تم إطلاق أسماء المدن والآلهة السومرية القديمة على كثير من تضاريسه.





(39) أنمـــاط سحب فاتنة فـوق كـوكـب المشتري، كما شـاهـدتـهـا سـفـيـنـتـا الـفـضـاء ڤوييجر.



(40) أ- صورة عن قرب للبقعة الحمراء العظمى بكوكب المشتري، موضحة بألوان زائفة، مقارنة بحجم كوكب الأرض.



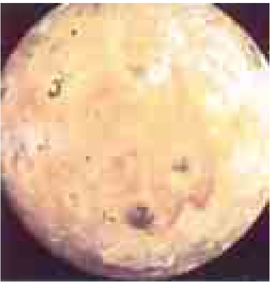
ب - حوض فالهالا متعدد الحلقات، والناجم عن تصادم فوق القمر كاليستو، يبدو واضحا في هذه الصورة السلبية



جـ - كوكب المشتري كما يبدو من سطح قمره يوروبا. القمر الذي يبدو ناحية اليمين، محاطا بنتوء من غازات منطلقة، هو إيو. ويعتقد بعض العلماء في وجود محيط مائي جوفي على يوروبا.



(41) أ- صورة بنظام الموزاييك لجزء من سطح يوروبا، كما شاهدته سفينتا الفضاء ڤوييچر.



ب - البركان إيو. صورة بنظام الموزاييك من السفينتين ڤوييچر.



جـ - القمر يوروبا في صورة ذات وضوح عال، بنظام الموازييك من السفينتين ڤوييچر.



(42) أ- الحلقات المتعددة لزحل في ألوان زائفة مبالغ فيها، مع إدخال كوكب الأرض إلى المقياس، وذلك لأغراض المقارنة. صورة من ڤوييچر.



ب - كوكب زحل بألوان زائفة مبالغ فيها، كما شاهدته ڤوييچر.



(43) أ ـ سحب كوكب زحل بألوان زائفة مبالغ فيها. صورة من ڤوييچر.



ب ـ منطقة المسح بسفينة الفضاء ڤوييچر، وتشتمل على كاميرات وأجهزة سبكتروميتر في أقصى الجانب الأيسر. أجهزة كشف الجزيئات والمجالات موجودة في مختلف الإسقاطات الأخرى. الهوائي اللازم لإرسال البيانات بالراديو للوطن وتسلم الأوامر من كوكب الأرض يتخذ شكل الطبق، ولونه أبيض ويبدو واضحا في أعلى الصورة. أما أجهزة الكومبيوتر، وأجهزة التسجيل، وأجهزة التحكم الحراري، وغيرها من الأدوات، فموجودة في الهيكل ثماني الأضلاع الذي يحتل موقع الوسط من السفينة، وعلى أحد أوجهه يوجد سجل بين نجمي تابع للسفينة ڤوييچر.



(44) أ- مقر عمليات البعثة بمختبر الدفع النفثي أثناء إحدى مراحل رحلة ڤوييچر (بعد اللقاء مع كوكب زحل).



ب - آخر صورة للقاء من نقطة قريبة. السفينة ڤوييچر - 2 في طريقها إلى النجوم، وهي تقوم بتصوير كوكب نبتون وقمره الرائع تريتون، ويبدو كلاهما مثل هلال رفيع.

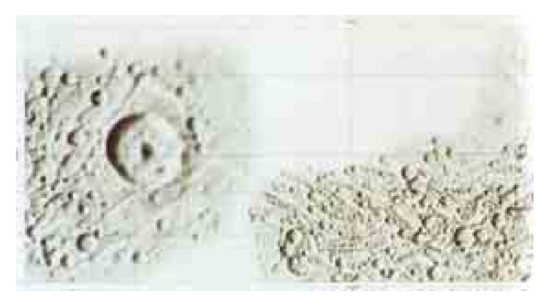
صور وتعليقات الفصل السابع



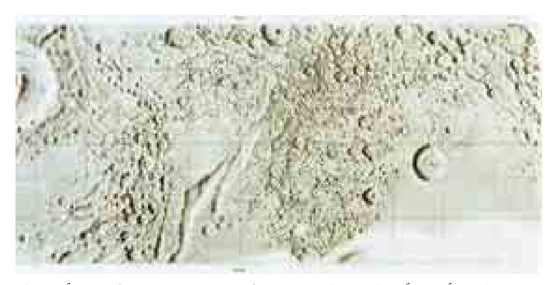
(45) أ- في بداية القرن القادم، يهبط مجس الدخول «هيجنز»، التابع لوكالة الفضاء الأوروبية خلال سحب تيتان العليا متوجها إلى أسفل نحو السطح المجهول.



ب- صورة بطريقة المونتاج لكوكب زحل وبعض أقماره. ويبدو قمره تيتان في قمة الصورة.



(46) أ ـ ميماس، أقرب قمر إلى زحل، وكان معروفا قبل ڤوييچر. الملامح السطحية الدقيقة مأخوذة من صور التقطتها السفينة ڤوييچربدرجة وضوح كبيرة. أما التفاصيل غير الواضحة، مثل فوهة هيرشل، فهي من بيانات للسفينة ڤوييچر بدرجة وضوح أقل. المناطق البيضاء لم يتم تصويرها أبدا، وما تزال أراضي غير معروفة.



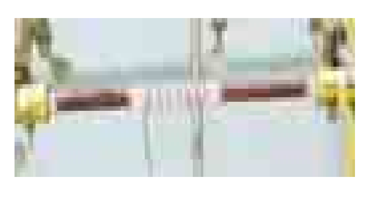
ب ـ تيثيز، أحد أقمار زحل - خريطة مجسمة مظللة. أسماء تضاريس هذا العالم مأخوذة من شخصيات ومواقع الأوديسا لهوميروس. أكبر فوهة تصادم تسمى أوديسيوس. ونجد أن إيثاكا تشاسما تحيط بهذا العالم.



جـ ـ انكيلادوس - قمر جليدي تابع لزحل مغمور في إحدى حلقات الكوكب. لاحظ عدم وجود فوهات تصادم في المناطق الجنوبية، مما يشير إلى انصهار سطح هذا العالم مؤخرا. لا أحد يفهم كيف يحدث هذا.



(47) أ- أبسط طريقة لإنتاج ثولين تيتان: في الصورة العلوية: يمر تيار كهربي خلال ملف من سلك نحاسي ملفوف حول أنبوبة زجاجية يتدفق خلالها النيتروجين والميثان. ويؤدي التفريغ الكهربي الناتج إلى تكسير هذه الغازات. وعندئذ تندمج الشظايا الجزيئية مرة أخرى لتشكل موادا أكثر تعقيدا.



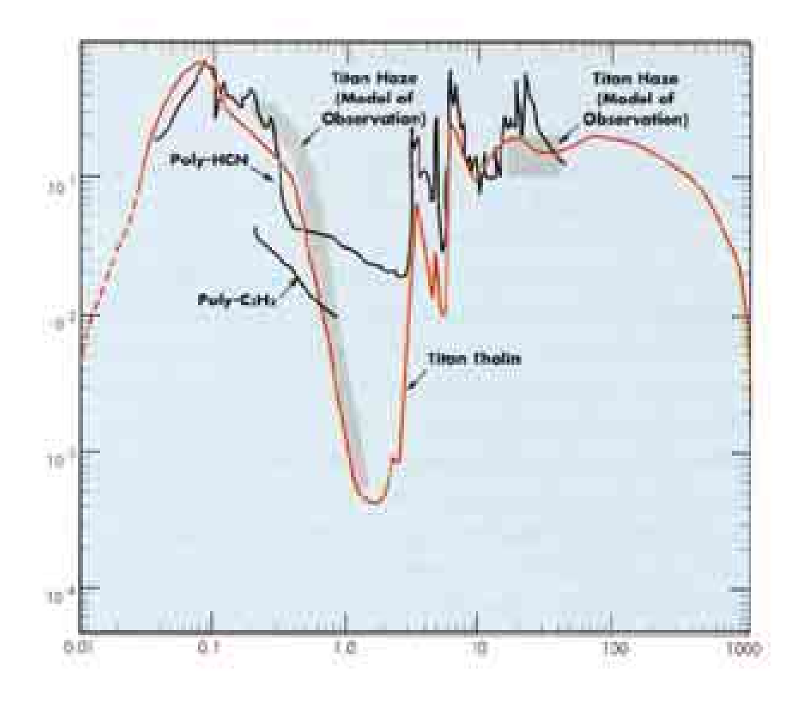
ب - بعد انتهاء التجربة، نجد أن المناطق المشتملة على كهرباء شديدة الكثافة هي المناطق المغطاة بمادة صلبة بنية اللون أسميناها ثولين تيتان. وتظهر نتائج مماثلة مع مزيد من المصادر المولدة للإلكترونات الحيوية.



جـ - عالم مغمور. تيتان، صورة عن قرب من ڤوييچر- ١. لا توجد أي انكسارات في ضباب الارتفاع الزاوي العلوي. وماتزال طبيعة السطح غامضة.



د - طبقات ضبابية منفصلة (موضحة باللون الأزرق) فوق مستوى الضباب الرئيسي على تيتان. تركيبها غير معروف.



(48) مناظرة ثولين تيتان بضباب تيتان: في هذا الشكل، يدل الرمز K على مقياس قدرة مادة ما على الامتصاص، ويتم التعبير عنه بالمحور الرأسي. أما طول موجة الضوء بالميكرون (أو الميكرومتر)، فيتم التعبير عنه من خلال المحور الأفقي. ويتراوح الضوء المرئي من 0,4 إلى 0,7 ميكرون. والأقل من ذلك هو الضوء فوق البنفسجي وأشعة اكس، والأطول من ذلك، هو الأشعة تحت الحمراء وموجات الراديو. ويوضح التظليل باللون البني خصائص ضباب تيتان، كما حددتها التلسكوبات البصرية الأرضية من مرصد دولي كاشف للضوء فوق البنفسجي يقع في مدار الأرض، ومن السفينة ڤوييچر بالقرب من تيتان. ويوضح الخط الأحمر قيم K لثولين تيتان الذي أمكن إنتاجه في معملنا. وتجري عملية المناظرة في إطار أخطاء القياس المحتملة. وهناك اقتراح بوجود مادتين صلبتين أخريين، موضحتين بخطوط سوداء، هما بوليمر سيانيد الهيدروجين، وبوليمر الأستيلين، لا يتواءمان مع الملاحظات.



(49) أ ـ قمر آخر من أقمار زحل: إنسيلادوس، في صورة زائفة الألوان (إنه شديد البياض بالفعل ومغطى بالجليد). إن وفرة فوهات التصادم القديمة يمكن مشاهدتها ناحية اليمين، أما كل الموجود منها على اليسار فقد أزيل بفعل بعض أحداث الذوبان.



جـ ـ صورة للقمر لابيتوس من السفينة ڤويچر.



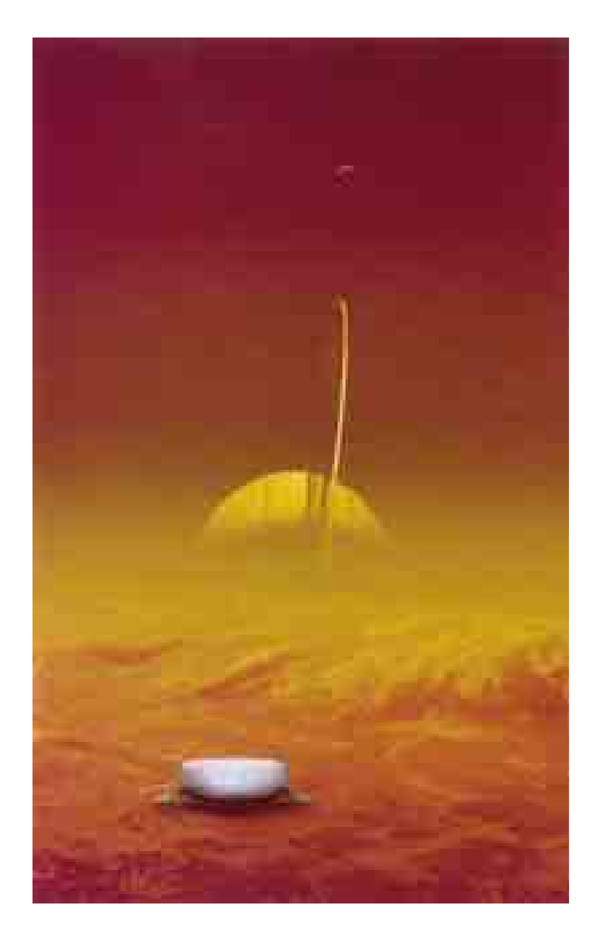
ب ـ قمر آخر من أقمار زحل: الطرف الأدنى من نصف الكرة للقمر ديون (صورة من ڤويچر).



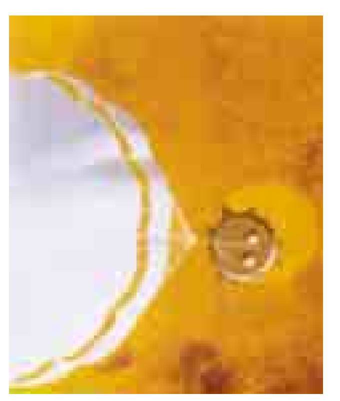
(50) أ ـ تصوُّر فنان لسطح لابيتوس، عالم غريب من الجليد والمادة العضوية المركبة، في مدار خارجي بالنسبة لتيتان (رسم: رون ميللر).



ب ـ المجس هيجنز يدخل ضباب تيتان باستخدام مظلة للهبوط، حيث انفصل رأسه الواقي.



(51) أ- المجس هيجنز على سطح تيتان. ملامح السطح خاضعة للتخمين، إذ لا يعرف أحد ماذا يمكن أن نجد هناك، وإذا كنا محظوظين، فإن المجس سوف يستمر في إرسال البيانات من على السطح. ونتيجة للضباب، تصعب رؤية زحل في الضوء المرئي العادي من على سطح تيتان، ولكن هذا التصور للمدار ربما يوضح الأمر في ضوء الأشعة تحت الحمراء القريبة.



ب - منظر آخر للمجس هيجنز عندما كان على وشك التلامس مع سطح تيتان. ويبدو السطح مغطى بجزيئات عضوية معقدة قاتمة.



(52) سفينة الفضاء كاسيني في مقدمة الصورة- في طريقها إلى استطلاع تفصيلي لكوكب زحل، وحلقاته، ومجاله المغناطيسي، وأقماره- تقوم بإطلاق المجس هيجنز (أسفل الصورة يسارا) إلى تيتان.

صور وتعليقات الفصل السابع

(53) أ. ميراندا، أحد توابع أورانوس، ربما يكون أقوى أقمار المنظومة الشمسية. صورة بطريقة الموزايك التقطتها السفينة ڤوييچر.



ب ـ اصطفاف عطارد والمريخ وزحل (من اليسار لليمين)، في نفس لحظة بزوغ الشمس خلف قمر نصف الكرة الليلي. صورة من سفينة الفضاء كليمنتاين من مدار قمري.



(54) كوكب أورانوس مع أقماره الخمسة الكبيرة. صورة بطريقة المونتاج، عن طريق السفينة ڤوييچر - 2 أثناء رحلتها في يناير 1986. الأقمار من اليمين إلى اليسار: تيتانيا، ميراندا، أوبرون، أومبريل، وأرييل (في صدر الصورة).

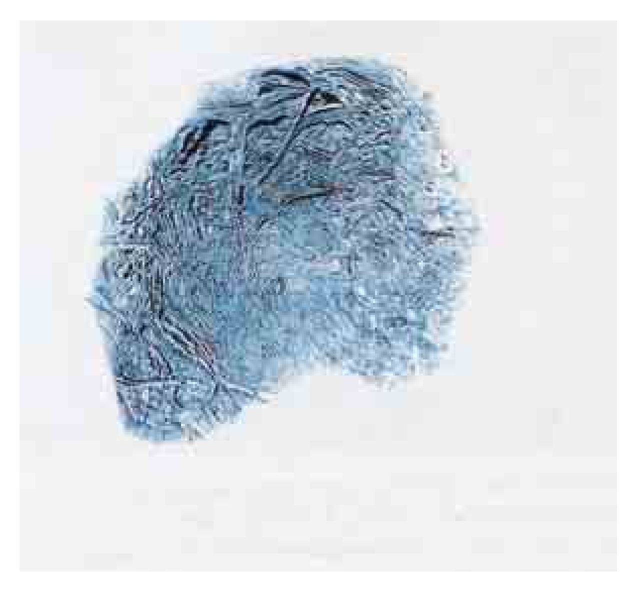


(55) أ ـ تيتانيا: أحد أقمار أورانوس - مسقط للقطب الجنوبي.

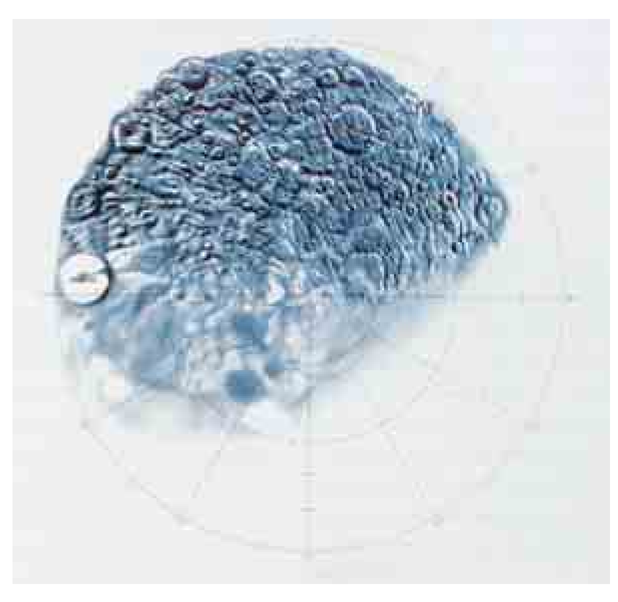


ب ـ أوبرون: أحد أقمار أورانوس، مسقط للقطب الجنوبي. الفوهات على أوبرون أخذت تسمياتها من أسماء أبطال مسرحيات شكسبير.

(56) عين الثور في السماء. كوكب أورانوس، كما صورته ڤوييچر - 2 في 17 يناير 1986 (على اليسار، يمكن أن نرى الكوكب إذا كنا على متن سفينة الفضاء؛ وعلى اليمين، توضيح بألوان زائفة مبالغ فيها، واستخدام لضوء الأشعة فوق البنفسجية). القطب الجنوبي للكوكب موجه تقريبا نحو كوكب الأرض. الغطاء القطبي الداكن، الذي يبدو في الصورة باللون البرتقالي، ربما يتكون من هيدروكربونات متولدة عن طريق الإلكترونات في المجال المغناطيسي لأورانوس، أثناء تدفقها إلى الغلاف الجوي القطبي. أما الدوائر الصغيرة متعددة الألوان في الصورة اليمنى، فهي نتيجة جزيئات فردية من التراب في عدسة كاميرا السفينة ڤوييچر .



(57) أ ـ أرييل، قمر من أقمار أورانوس. مسقط للقطب الجنوبي.



ب ـ إمبريال، من أقمار أورانوس. مسقط للقطب الجنوبي.



(58) أ ـ صورة عن قرب لحقات أورانوس بألوان زائفة، الخطوط التسعة الأكثر لمعانا (في مجموعات بدءا من اليمين: ثلاثة، ثم اثنين، ثم ثلاثة، ثم واحد فقط) تشير إلى الحلقات التسع المعروفة. الخطوط الخلفية ذات الألوان الفاتحة هي من صنع الكمبيوتر. أكثر الحلقات لمعانا، وهي حلقة إبسيلون ناحية اليسار، ذات لون محايد، بينما الحلقات الثمانية الأخرى توضح اختلافات لونية حقيقية، على الرغم من المبالغة في هذه الصورة. وعلى خلاف حلقات زحل، فإن حلقات أورانوس معتمة، وهناك اعتقاد بأنها مصنوعة من مادة عضوية معالجة بالإشعاع.



ب ـ منظر آخر لحلقات أورانوس، أوسعها حلقة إبسيلون في قمة الصورة، ويقل اتساعها عن مائة كيلومتر (60 ميلا). بعض الحلقات الأخرى يزيد اتساعها قليلا عن 10 كيلومترات.



(59) أ- منظران عن قرب لميراندا تم الحصول عليهما عن طريق السفينة ڤوييچر - 2 في الرابع والعشرين من يناير 1986. ومهما كان أصل هذه التضاريس الغريبة، فإن الفوهات الموجودة بها تشير إلى قدمها، وربما يرجع تاريخها إلى تكوين منظومة أورانوس.





ب ـ ميراندا، أحد أقمار زحل - مسقط للقطب الجنوبي. الحدود القريبة غير المتصلة بين أجزاء هذا العالم حقيقية. خريطة مجسمة مظللة.

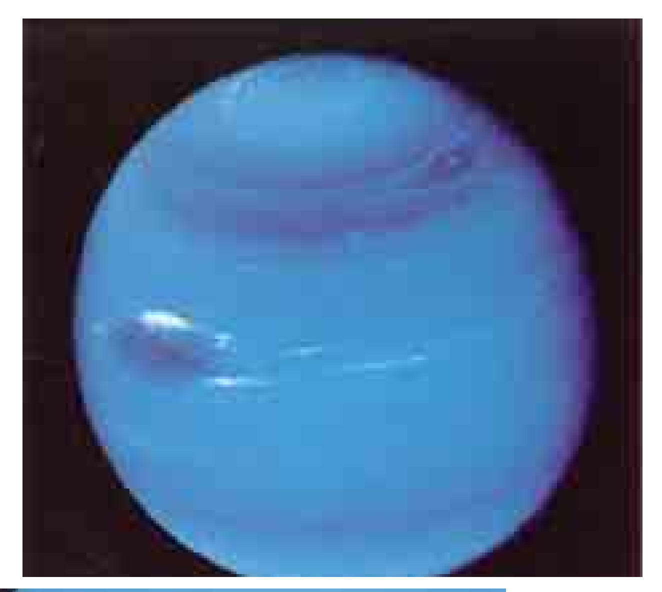


(60) أورانوس الهلال عندما نظرت السفينة ڤوييچر - 2 نحو الخلف.



صور وتعليقات
الفصل التاسع

(61) نبتون كما يرى من على سطح قمره تريتون. وفي هذه الصورة تتحرك السحب في غلافه الجوي من أعلى إلى أسفل. صورة بطريقة المونتاج من إنتاج السفينة ڤوييچر.





(62) صورة عن قرب لكوكب نبتون، السمات الرئيسية الثلاث للسحب، من أعلى إلى أسفل يمينا، يطلق عليها اسم «البقعة المعتمة الكبرى»، و«الدراجة»، و«البقعة المعتمة الثانية» (مع وجود قلب لامع). وتدور كل منها بسرعات مختلفة، وهذا هو السبب في أن «الدراجة» موجودة في الصورة اليمنى لا في الصورة اليسرى. وهم يتحركون جميعا من الغرب إلى الشرق. إننا ننظر إلى السحب من قمة غلاف جوي عميق. وفي الأسفل، بعيدا، هناك قلب صخري.



(63) أ- نبتون في مسقط قطبي جنوبي.



ب - تريتون، كما رأته السفينة ڤوييچر- 2 عند اقترابها منه بمسافة 4 مليون كيلومتر (2,5 مليون ميل).



(64) تريتون، كما كشفت عنه السفينة ڤوييجر. وتعد هذه الصورة مكافأة على الفحص الدقيق. وأينما تندر فوهات التصادم فلابد أن يكون السطح شابا- مثله مثل سطح كوكب الأرض- إن الفوهات قد تم ملؤها أو تغطيتها عن طريق عملية ما. ومن المعتقد أن العملية التي تمت على هذا العالم هي تجمد محيطات الميثان أو النيتروجين مرة أخرى، بالإضافة إلى غطاء موسمي من جليد الميثان والنيتروجين. لاحظ، عند القمة، غزارة الخطوط المعتمة، وكلها ذرتها الرياح من الغرب إلى الشرق. وهناك الكثير في الصورة مايزال غير مفهوم جيدا. (صورة من ڤوييجر بطريقة الموزايك، بإذن من هيئة المسح الجغرافي بالولايات المتحدة/ «ناسا»).



(65) أـ صورة عن قرب لبعض ثلوج تريتون الريشية الشكل.

ب ـ انطباع فنان عن ثلوج تريتون. إنها تنطلق، للخارج نحو السطح بعد تعرضها للضغط الشديد، وتخرج من منافذ الحمم الساخنة من المواد العضوية المعتمة منطلقة إلى الغلاف الجوي الرقيق لتريتون. وفي الخلفية نجد ثلوجا أخرى تذروها الرياح السائدة. (قام بالرسم: رون ميللر).



(96) أ- تريتون كما يرى من فوق قطبه تماما وهناك مبالغة شديدة في اختلاف الألوان (الصورة بإذن من هيئة المسح الجغرافي بالولايات المتحدة/ «ناسا»).



ب - نبتون وحلقاته الضعيفة في سماء تريتون. (قام بالرسم دون ديفيز).



(67) رسم تخطيطي لحزام كويبر المذنبي: ملايين من العوالم الجليدية الصغيرة التي يعتقد أنها تدور حول الشمس، وتحديدا خلف نبتون وبلوتو. تبدو مدارات المشتري وزحل وأورانوس ونبتون باللون البنفسجي، ومدار بلوتو باللون الأخضر. ومدار بلوتو مائل بالنسبة إلى مدارات الكواكب الأخرى (وبوضع هذه المسألة بعين الاعتبار، يمكن معرفة لم لا يعد بلوتو في بعض الأحيان الكوكب الأكثر بعدا). وبعيدا خلف حزام كويبر وخلف الكواكب، توجد مجموعة دائرية ضخمة من العوالم الجليدية التي تدور حول الشمس ويطلق عليها اسم سحابة مذنب أوورت. (قام بالرسم التخطيطي: هارولد ليفيسون، معهد البحوث بولاية ساوث ويست).



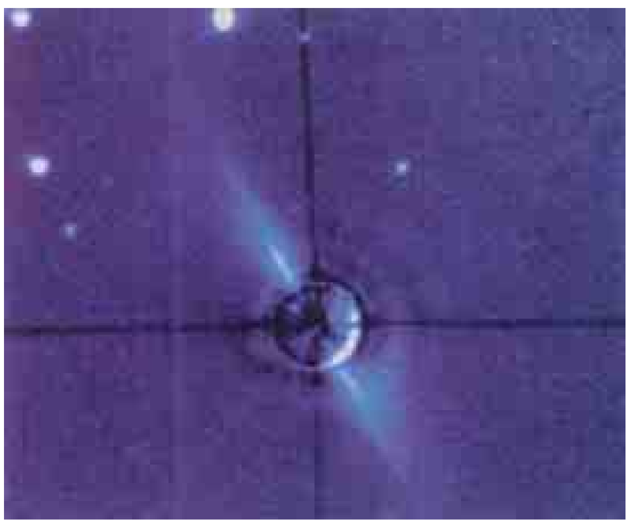
(68) أ- كوكب بلوتو وقمره شارون كما صوره تلسكوب هابل الفضائي. هذه أفضل صورة متاحة لهما حاليا. بلوتو أكثر احمرارا من شارون. ونجد أن كوكب بلوتو أصغر من قمر كوكب الأرض، ويبلغ قطر القمر شارون حوالي 270,1 كيلومترا (790 ميلا). (الصورة بإذن من ر. ألبريشت، وكالة الفضاء الأوروبية/ ESO، و«ناسا»).



ب- فولاس هو أحد العوالم الجليدية التي جرى اكتشافها مؤخرا في المناطق الأكثر بعد من الجزء الكوكبي في منظومتنا الشمسية. المحور السيني، والمربعات، وغيرها من الأشكال الهندسية- مع خطوط الخطأ الملحقة- توضح لمعان فولاس بألوان عدة. وبدءا من الأشعة فوق البنفسجية، وانتهاء بأطول الموجات القريبة من الأشعة تحت الحمراء، فإن فولاس هو الأكثر لمعانا كلما ازداد طول الموجة، مما يعني أنه شديد الاحمرار. إن العوالم الحمراء في المنظومة الشمسية وجدت بالقرب من أورانوس ونبتون وماوراءهما. الخط الأحمر غير المتقطع في أعلى الشكل يوضح أفضل توافق أمكن الحصول عليه حتى الآن لطيف فولاس: خليط من مواد صلبة عضوية مركبة، تشتمل على ثولين يشبه الموجود على تيتان، بالإضافة إلى جليد- الأمونيا. (هذا الشكل من عمل المؤلف بيتر ويلسون، ونشر في عدد فبراير العام 1994 من مجلة «إيكاروس»).

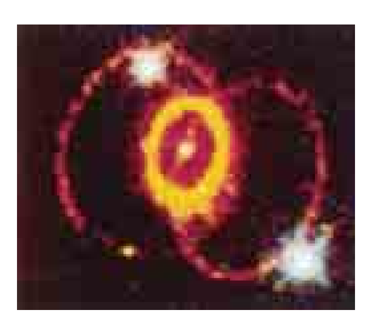


(69) سفينة فضاء مستقبلية تزور بلوتو وقمره شارون. ماتزال ملامح السطح على هذين العالمين غير معروفة حتى الآن. ولكن الفنان تخيل، لسبب وجيه، أن بلوتو يشبه تيتان. (عمل فني لوكالة ناسا، من تصميم بات رولينجز/ SAIC).





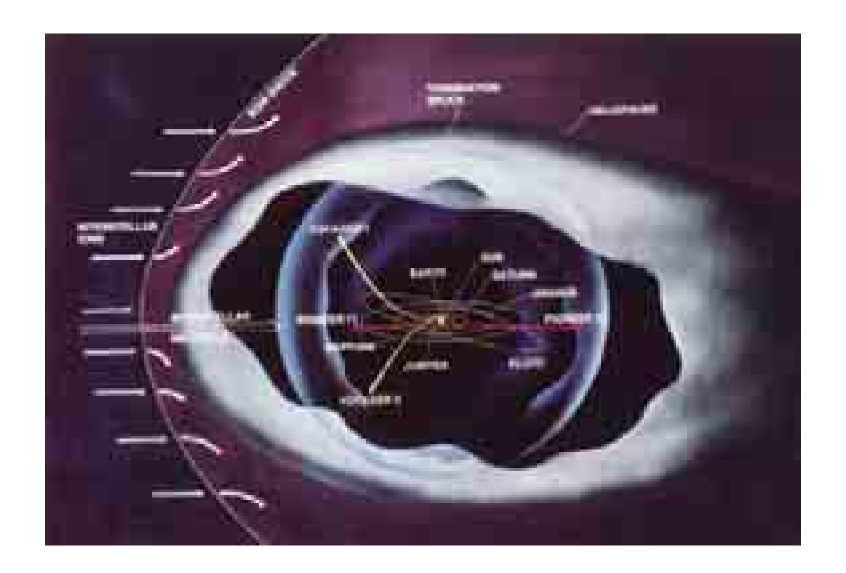
(70) على اليسار، قرص ممهد لوجود الكواكب حول النجم بيتا بكتوريس. ونجد أن أداة استتار تعترض سبيل النجم ذاته عند شعرة التعاقد (وإلا كان الضوء القادم من النجم يسقط على القرص- الصورة تبدو من جانب حافة القرص). أما الصورة الموجودة جهة اليمين، فهي تعبر عن تصور فنان لما يحدث في القرص إذا ما استطعنا أن نراه من وجهه وليس من حافته. إن الكواكب تتشكل في الجزء الداخلي من القرص عن طريق اكتساح مادة القرص في «مناطق التغذية». (التقط برادفورد سميث وريتش تيريل الصورة اليسرى، وهي بإذن من مختبر الدفع النفثي/ «ناسا». أما الصورة اليمنى فهي من رسم دانا بيري).



(71) أـ ثلاث حلقات من غاز متوهج يحيط بموقع السوبر نوفا المسمى A 1987. إنه يقع في سحابة ماجلان الكبرى، وهي مجرة قزمية تابعة لمجرة درب التبانة وتبعد عن الأرض بحوالي 169 ألف سنة ضوئية. وقد لاحظ الفلكيون على كوكب الأرض الانفجار في فبراير 1987، ولكن من البديهي أنه قد حدث منذ 169 ألف سنة. هل من الممكن أن تتشكل كواكب جديدة من مثل هذه الحلقات، التي هي بقايا انفجارات السوبر نوفا؟



ب ـ بقايا ڤيلا السوبر نوفا. هل يمكن للكواكب أن تبقى على وجود انفجار السوبر نوفا؟ الخط الموضح بالصورة هو قمر صناعي دوار من الأرض، وقع في شرك فترة التعريض عند مروره بمجال رؤية التلسكوب. (الصورة بإذن من مرصد أسترالي- إنجليزي، ومن تصوير ديڤيد

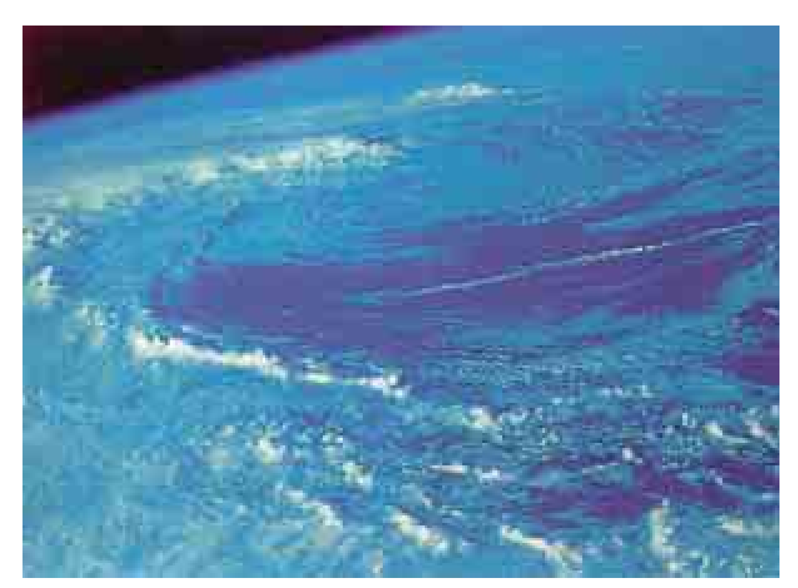


(72) رسم تخطيطي للمنظومة الشمسية مطمورة في الرياح الشمسية: الغلاف الجوي الممتد للشمس ينفخ في الفضاء الواقع بين النجوم. أربع من سفن الفضاء العملياتية تنطلق بأقصى سرعتها خارج المنظومة الشمسية، وتمتلك فرصة الكشف عن الحدود بين الرياح الشمسية والرياح القادمة من النجوم، قبل أن تفقد مصدر طاقتها: السفينتان بيونير- 10 و11 موضحتان كأسهم حمراء اللون، أما ڤوييچر- 1 و2 فموضحتان كأسهم صفراء اللون. وتسافر السفينتان ڤوييچر أسرع، وستحتفظان بقوة بث في المستقبل أكبر مما ستحتفظ به السفينتان بيونير- (من محاضر EOS في 19 أبريل 1994، بإذن من الاتحاد الأمريكي للفيزياء الجيولوجية).



صور وتعليقات
الفصل العاشر

(73) الشريط الأزرق هو الغلاف الجوي لكوكب الأرض ظاهرا من حافته كما رآه مكوك الفضاء ديسكفري في المهمة 41-D، من خارج ساحل ريودي جانيرو بالبرازيل، إنه وقت غروب الشمس. ويمكن أن نرى سحابات ما قبل العواصف الرعدية وهي تخترق الغلاف الجوي. ونرى، خلف الشريط الأزرق، سواد الفضاء. (الصورة بإذن من مركز جونسون للفضاء/ «ناسا»).



(74) أ- إن أي صورة للأفق، من مدار منخفض، توضح الشريط الأزرق، كما يبدو في الصورة التي التقطها مكوك الفضاء لعاصفة استوائية (الصورة بإذن من مركز جونسون للفضاء/ «ناسا»).



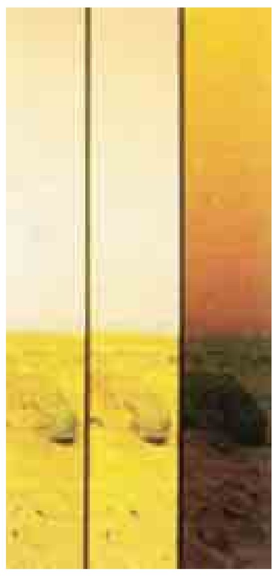
ب - كوكب الأرض والقمر في سواد الفضاء. وعندما نرتفع فوق أي من العالمين، لابد أن تصبح السماء سوداء. صورة من سفينة الفضاء جاليليو. (بإذن من مختبر الدفع النفثي/ «ناسا»).



(75) أول صورة ملونة مأخوذة من على سطح المريخ، وتوضح، على نحو خاطئ، سماء زرقاء مثل سماء كوكب الأرض (الصورة العلوية) ومع استخدام معايرة لونية صحيحة لكاميرات سفينة الفضاء، أمكن الكشف عن سماء تصطبغ بلون ضارب للحمرة (الصورة السفلية) (الصورتان بإذن من مختبر الدفع النفثي/ «ناسا»).

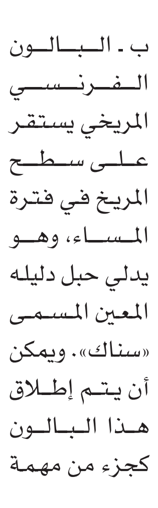


(76) أربع سماوات للكواكب الشبيهة بالأرض- عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ- كما تصورها الفنان دون ديڤيز.



(77) أ- تغيرات في لون السماء على كوكب المريخ. وفي هذه الصور التي التقطتها كاميرا سفينة الهبوط ڤايكنج-1، يمكن أن تقارن ألوان السماء يوما بيوم. في حوالي اليوم 1742 من البعثة ثارت عاصفة ترابية عظمى مؤدية إلى إظلام السماء واحمرارها. (صورة من ڤايكنج، بإذن من مختبر الدفع النفثي/ «ناسا»).



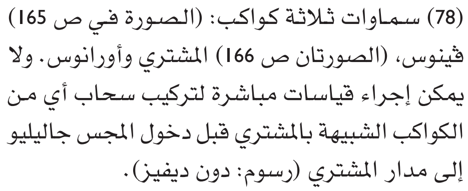


ب - البالون الفرنسي المريخي يستقر على سطح المريخ في فترة المساء، وهو يدلي حبل دليله المعين المسمى «سناك». ويمكن أن يتم إطلاق هذا البالون كجزء من مهمة









(78) سماوات ثلاثة كواكب: (الصورة في ص 165) ڤينوس، (الصورتان ص 166) المشتري وأورانوس. ولا يمكن إجراء قياسات مباشرة لتركيب سحاب أي من الكواكب الشبيهة بالمشتري قبل دخول المجس جاليليو إلى مدار المشتري (رسوم: دون ديفيز).

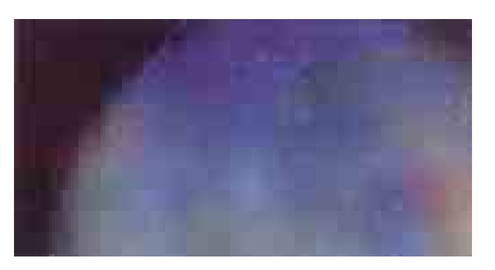


صور وتعليقات الفصل الحادي عشر

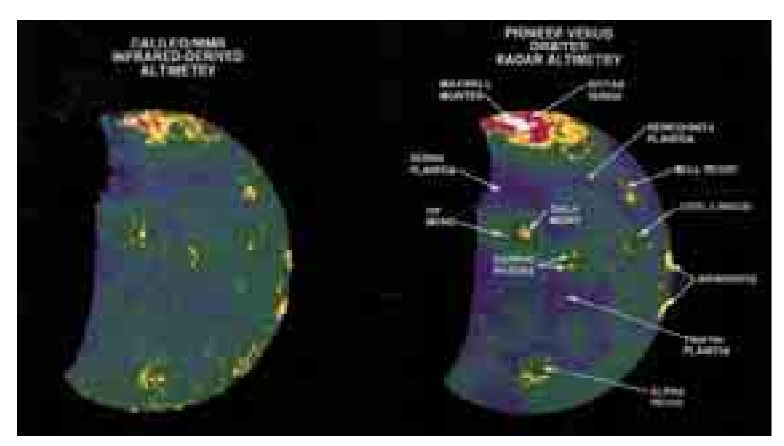
(79) سفينة على نمط مارينر في الفضاء الواقع بين النجوم. إن مهمة مارينر2، في العام 1962، كانت أول مهمة ناجحة للتحليق بين الكواكب، وأول مجس ناجح لكوكب الزهرة. لقد فتحت عصر استكشاف الكواكب (الصورة بإذن من مختبر الدفع النفثي).



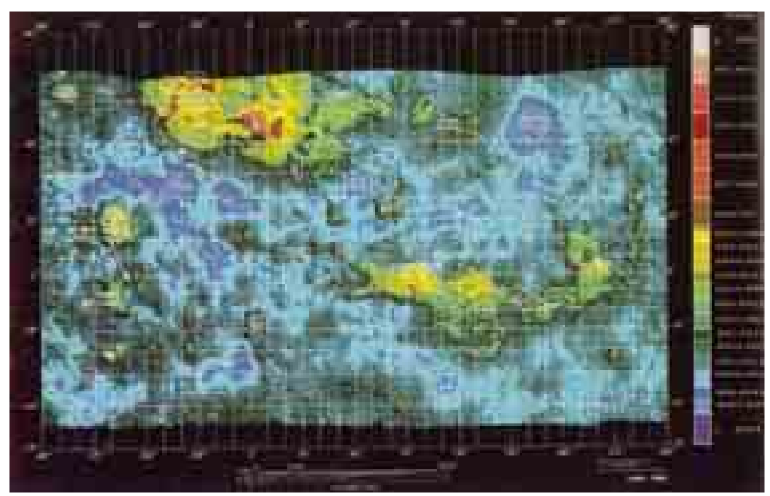
(80) أ- السحب العليا لكوكب الزهرة، كما صورتها سفينة الفضاء جاليليو. وقد تم تلوين المعالجة باللون الأزرق من أجل إظهار الفوارق الدقيقة (وللإشارة إلى أنها التقطت من خلال مرشح بنفسجي). إن هذه السحب، التي تتكون من حمض الكبريتيك، تُعتبر ناقلة للحرارة بدرجة عالية؛ وطريق الطيران عبرها شديد الوعورة. ولم يكن بالإمكان تبين أي إشارة عن ملامح السطح.



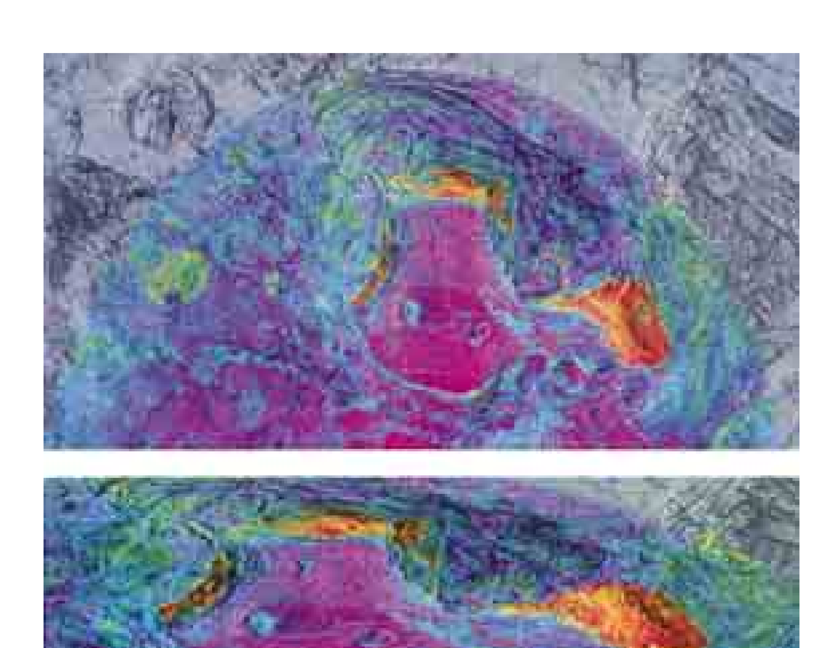
ب - صورة لكوكب الزهرة مأخوذة من كوكب الأرض، في ظل الأشعة تحت الحمراء القريبة؛ وهي تكشف بالكاد عن ملامح السطح تحت السحاب.



(81) أ- السفينة جاليليو ترقب تضاريس كوكب الزهرة من خلال السحب الكثيفة. وقد تم إيجاد هذه الصورة الملونة من عمليات رصد تصل إلى 18, 1 و74, 1 و3, 2 ميكرومتر في جزء أشعة الطيف تحت الحمراء القريبة. اللون الأبيض هو التضاريس المرتفعة، واللون الأزرق هو التضاريس المنخفضة، وتجرى مقارنة عمليات الرصد هذه مع ما وجدته أدوات الرادار على السفينة بيونير12.



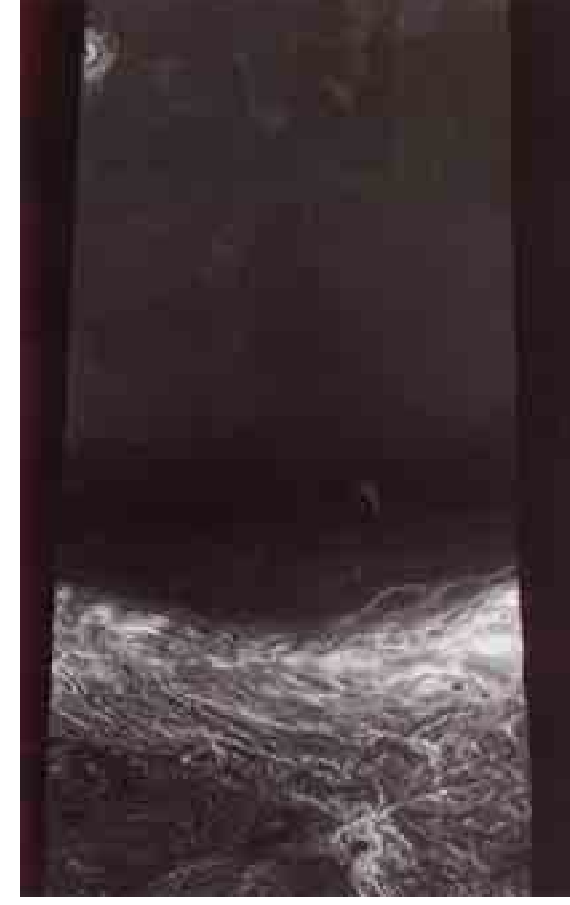
ب - خريطة رادارية مبكرة لكوكب الزهرة، تعتمد على عمليات الرصد الأرضية، فضلا عن عمليات رصد السفينة بيونير12، خلال السحب. ويرد المقياس اللوني على يمين الصورة حيث يشير اللون الأبيض والبمبي والأحمر إلى التضاريس المرتفعة؛ والأزرق والبنفسجي إلى التضاريس المنخفضة. لاحظ، على وجه الخصوص، منطقة لاكشمي بلانوم (Lakshmi Planum) عند خط عرض 65° شمالا، وخط طول 330° (أعلى يسارا).



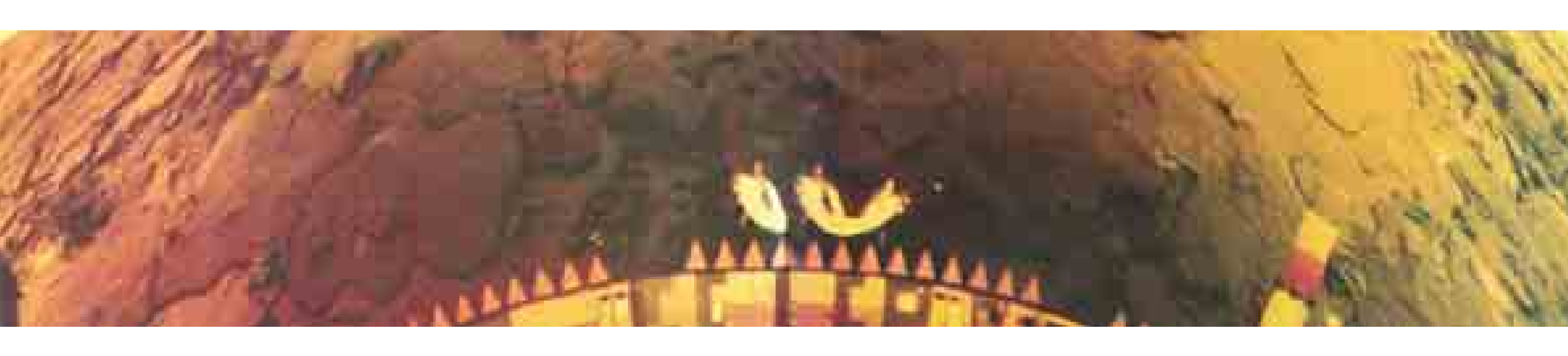
(82) خريطتان مجسمتان مظللتان، مرذذتان لمنطقة لاكشمي بلانوم (Lakshmi Planum) على كوكب الزهرة. وقد تم تجميع الصورتين من مزج لبيانات مرصد اريسيبو، وسفينة الفضاء الأمريكية بيونير-12، وسفينتي الفضاء السوفييتيين فينيرا-15 و16 يصل حجم منطقة لاكشمي بلانوم الى حوالي 5 كيلومترات، اعلى من متوسط سطح الكوكب، كما انها ذات أهداب أو حواف جبلية (موضحة باللون البرتقالي) التي ترتفع لحوالي عشرة كيلومترات، أما المناطق الرمادية، فهي تشير الى المناطق التي تعتمد على بيانات السفينتين فينيرا-15 و16 فحسب. وتوضح الصورة السفلية منظرا مائلا لمنطقة لاكشمي بلانوم، مستقاة من البيانات نفسها.



(83) أ. عالَمَان شقيقان: الأرض مجردة من المحيطات والزهرة بغلافها الجوي الكثيف. ربما بدأ العالمان في ظروف متشابهة، ولكنهما تطورا في اتجاهين مختلفين.

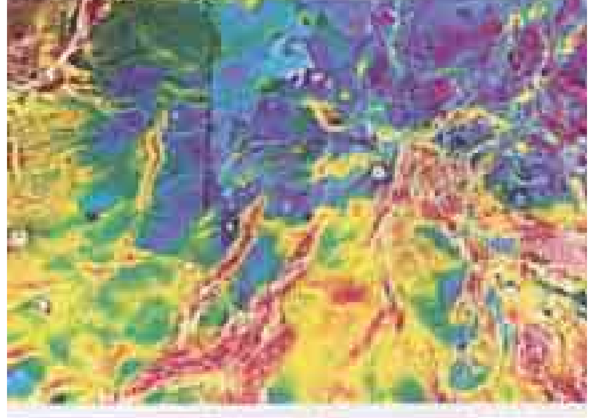


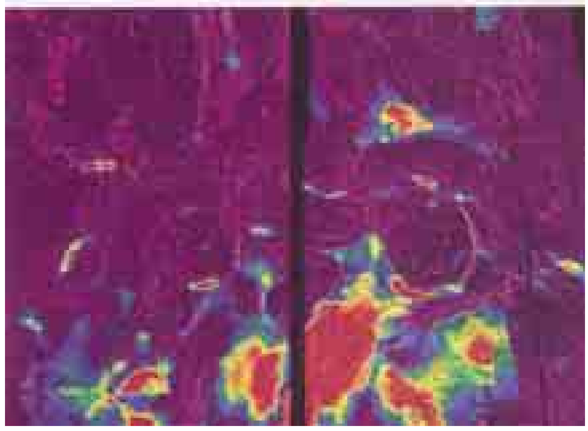
ب ـ صورة من السفينة ماجلان للمنطقة لاكشمي بلانوم، من على بعد مئات قليلة عدة من الكيلومترات. ويمكن رؤية سلسلة جبال دانو مونتس (Danu Montes) في الأسفل يسارا.

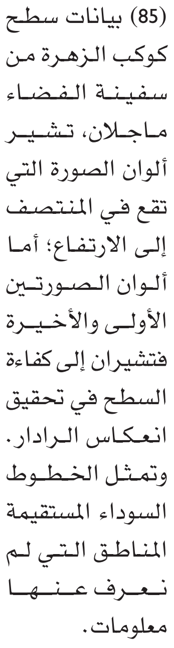


(84) بانوراما لتدفقات الحمم البركانية المتجمدة ـ السطح البازلتي لكوكب الزهرة كما شاهدته سفينة الهبوط ڤينيرا14. وهذه صورة للذي يمكنك مشاهدته تقريبا إذا ما كنت ترقد منبطحا على سطح الكوكب. وفي أعلى، يسارا ويمينا، هناك بعض المثلثات الصغيرة صفراء اللون ـ لمحة خاطفة لسماء كوكب الزهرة. الصورة بإذن من معهد فيرنادسكي، موسكو).









(85) بيانات سطح كوكب الزهرة من سفينة الفضاء ماجلان، تشير ألوان الصورة التي تقع في المنتصف إلى الارتفاع؛ أما ألوان الصورتين الأولى والأخيرة فتشيران إلى كفاءة السطح في تحقيق انعكاس الرادار. وتمثل الخطوط السوداء المستقيمة المناطق التي لم نعرف عنها معلومات.

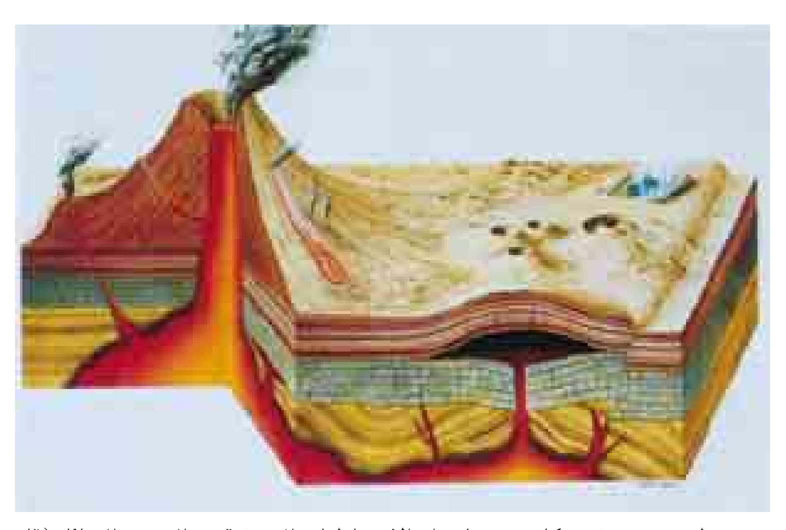


صور وتعليقات الفصل الثاني عشر

(86) تحية من براكين إيو إلى سفينة الفضاء جاليليو، في ديسمبر 1995. كوكب المشتري وحلقته الرفيعة يلوحان في الخلفية.



(87) أ- جبل سان هيلينز بولاية واشنطن، بالولايات المتحدة الأمريكية، الصورة بألوان زائفة من لاندسات -6. وبعد مرور 11عاما على انفجار العام 1980، ظلت المنطقة المحيطة بالبركان مهجورة (وتشير الألوان البنفسجية بالصورة إلى ذلك).أما الحياة النباتية، فموضحة باللون الأخضر.



ب- مقطع عرضي في بركان يقوم بإخراج الاحتياطيات الجوفية من الصخر السائل (قام بالرسم: كازواكي إيواساكي).



(88) أ. محيطات من صخر منصهر يغمر سطح الكوكب الشبيه بكوكب الأرض في فترة مبكرة من تاريخه (قام بالرسم ميشيل كارول).



ب ـ صورة مائلة مأخوذة من الجو للبناء البركاني لأوليمبس مونس، وقد أعيد بناؤها عن طريق بيانات السفينة ڤايكنج. إن تناثر فوهات التصادم على منحدرات هذا الجبل العظيم تشير إلى شبابه النسبي.



(89) الصورة العلوية: براكين هضبة ثارسيس على المريخ. الصورة السفلى: أوليمبس مونس (Olympus Mons). أضخم بناء بركاني بالمنظومة الشمسية. صور بطريقة الفوتوموزاييك من بيانات السفينة ڤايكنج. إن صور قمم هذه البراكين الأربعة بفوهاتها كانت جميعها من سطح المريخ الذي استطاعت سفينة الفضاء مارينر -9 رؤيته أثناء ذروة عاصفة التراب التي هبت العام 1971.





(90) الهضبة البركانية من أرسيا مونس (Arsia Mons) على سطح المريخ، بالفوهة البركانية الموجودة على قمتها الضخمة، وتتراوح الخريطة من خط الاستواء إلى 15° جنوبا.



(91) سلاسل التلال التي غُمرت بالحمم البركانية في منطقة مرتفعات أوفدا ريجيو (Ovda Regio) على كوكب الزهرة. التجسيم الرأسي مبالغ فيه بمقدار 5ر22 مرة للتوضيح. وقد أعيد بناء الصورة عن طريق بيانات السفينة ماجلان.



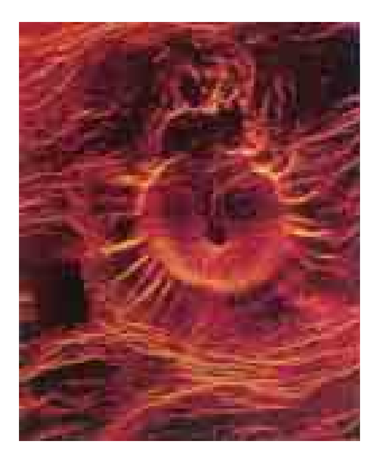
(92) أ- ثلاث فوهات تصادم (نادرة نسبيا) على كوكب الزهرة. فوهة هاو (Howe) هي الأمامية، وتبلغ 37 كيلومترا تقريبا (23 ميلا). أما دانيلوفا (Danilova)- فتوجد في الخلفية يسارا - وأجلاؤُنيس (Aglaonice) فتقع في الخلفية جهة اليمين ويمكن رؤيتها أيضا، عمليات رصد السفينة ماجلان.



ب - السفينة ماجلان تشاهد جبال كوكب الزهرة.



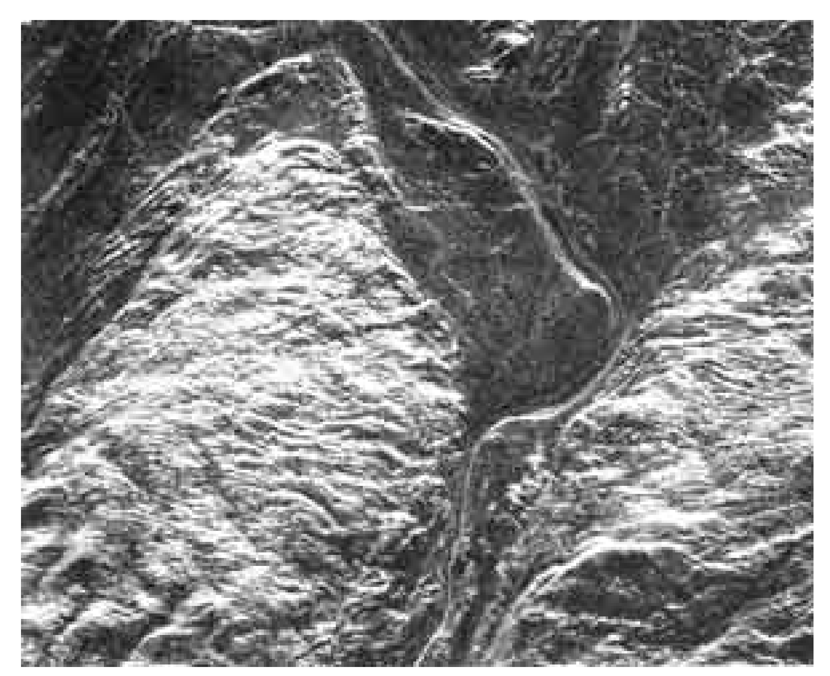
(93) أ- بركان مأّت مونس (Maat Mons) على كوكب الزهرة. وتمتد تدفقات الحمم البركانية لمئات الكيلومترات عبر السهول المتصدعة أمام قاعدة البركان الذي يبلغ ارتفاعه ثمانية كيلومترات (خمسة أميال)، عمليات رصد السفينة ماجلان.



ب - عنكبوت، صورة ذات ألوان زائفة لصرح بركاني، من نوع غير معروف على كوكب الأرض، في استلا ريجيو (Eistla Regio) على كوكب الزهرة. ويصل تقريبا إلى ما يقرب من 66 كيلومترا (41ميلا) عبر القاعدة. بيانات من السفينة ماجلان.

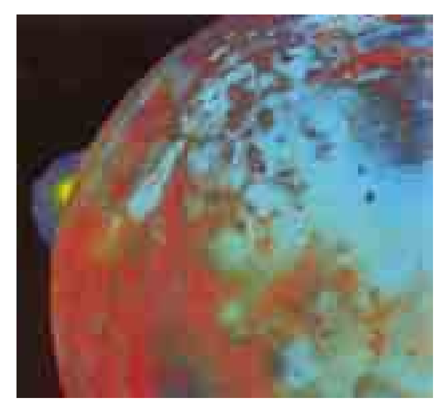


جـ - ملمح آخر، على شكل قبة، غير معروف على كوكب الأرض، وهناك اعتقاد بأنه ملمح بركاني، ويطلق عليه اسم (الكعكة). من بيانات السفينة ماجلان.



(94) أـ قناة متعرجة شمال جبال فرويچا (Fruyja) على كوكب الزهرة، بيانات من السفينة ماجلان.

ب ـ نظرة إلى أسفل، إلى فم بركان لوكي باتيرا (Loki Patera) في القمر إيو ـ المركز السفلي للصورة ـ بيانات السفينة ڤوييچر.

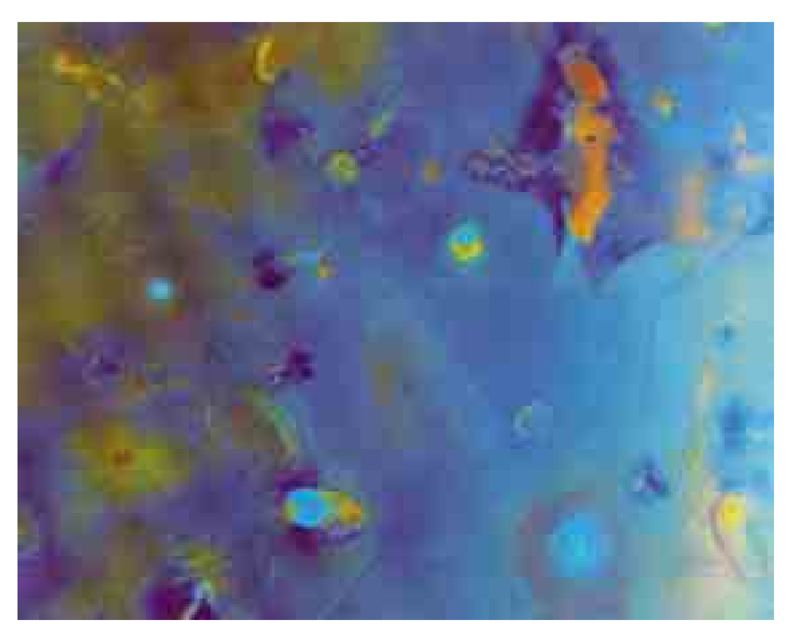






(95) أ- الشفق القطبي الشمالي من عند البركان بروميثيوس على القمر أيو، مرسلا ضوءا نحو الغلاف الجوي الرفيع، يسقط مرة أخرى على السطح. بيانات السفينة ڤوييچر، وتبدو الصورة هنا على شكل نيجاتيف للمقارنة.

ب ـ البنية البركانية مأسو باتيرا (Maasaw Patera) على القمر أيو. الحمم البركانية تجري، وقد تكون من الكبريت المنصهر، حالما تدفقت من قمة الفوهة البركانية. من بيانات السفينة ڤوييچر.



(96) أ- صورة بألوان زائفة لمنطقة القطب الجنوبي بالقمر أيو. بيانات السفينة ڤوييچر.



ب - حوض كبير مغمور على تريتون، قمر الكوكب نبتون، ويبلغ اتساعه 200 كيلومتر (120ميلا) وطوله 400 كيلومتر (240ميلا) المادة التي سببت الفيضان، ما تزال غير معروفة ولكن هناك اعتقاد أنها إما نيتروجين (أو ميثان أو من الجائز جدا أنها الماء) جليدي تم تسخينه في الجوف واندفع متدفقا خلال الشقوق إلى السطح وجرى ثم تجمد - ويماثل ذلك ما يحدث مع الحمم البركانية المنصهرة على كوكب الأرض. صورة من السفينة ڤوييچر.



صور وتعليقات
الفصل الثالث عشر

(97) رائد فضاء من مركبة أبوللو، في صورة له على سطح القمر. وتتعكس في مقدمة خوذة رائد الفضاء صورة المصور. تقف العربة الفضائية عند الحافة البعيدة لفوهة التصادم على اليسار. وفي مقدمة الصورة، بين فوهات التصادم الصغيرة، توجد آثار أقدام رائد الفضاء. إن رائد الفضاء الذي يبدو في الصورة هو تشارلز ديول، رائد سفينة الفضاء أبوللو 16.



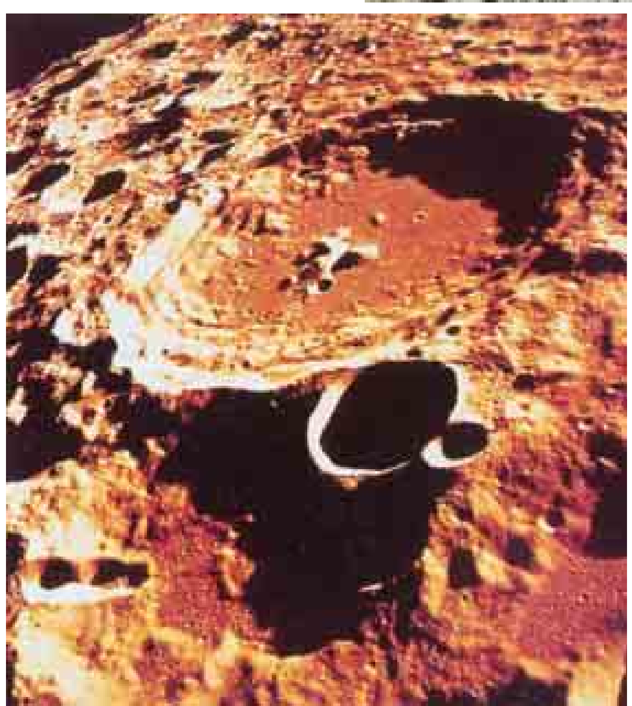
(98) أ- انطلاق السفينة أبوللو - 11 -



ب - المرحلة الثالثة من انفصال المُعزز زحل في مهمة أبوللو - 7 العام 1968.



(99) أ- أثر قدم على سطح القمر. وإذا لم يُمح هذا الأثر، عن طريق أي زائر، فإن هذه العلامة من علامات بعثات أبوللو سوف تستمر لمليون سنة أو أكثر.



ب - صورة فوتوغرافية من أبوللو - ١١ للمرتفعات القمرية ذات الحفر والفوهات الضخمة.



(100) أ- في مهمة أبوللو - 10 العام 1969، نشاهد مركبة القيادة فوق سطح القمر.

ب - المركبة القمرية التابعة للسفينة أبوللو - 11، من سطح القمر.



(١٥١) أ ـ شروق كوكب الأرض كما يبدو للسفينة أبوللو ـ 15 .



ب ـ صورة بطريقة الموزاييك لقمر كوكب الأرض من سفينة الفضاء جاليليو. وقد تم استخدام ألوان زائفة لتوضيح الرواسب المعدنية. يشير اللونان الأخضر والأصفر لوفرة أكبر من الحديد والماغنيسيوم.

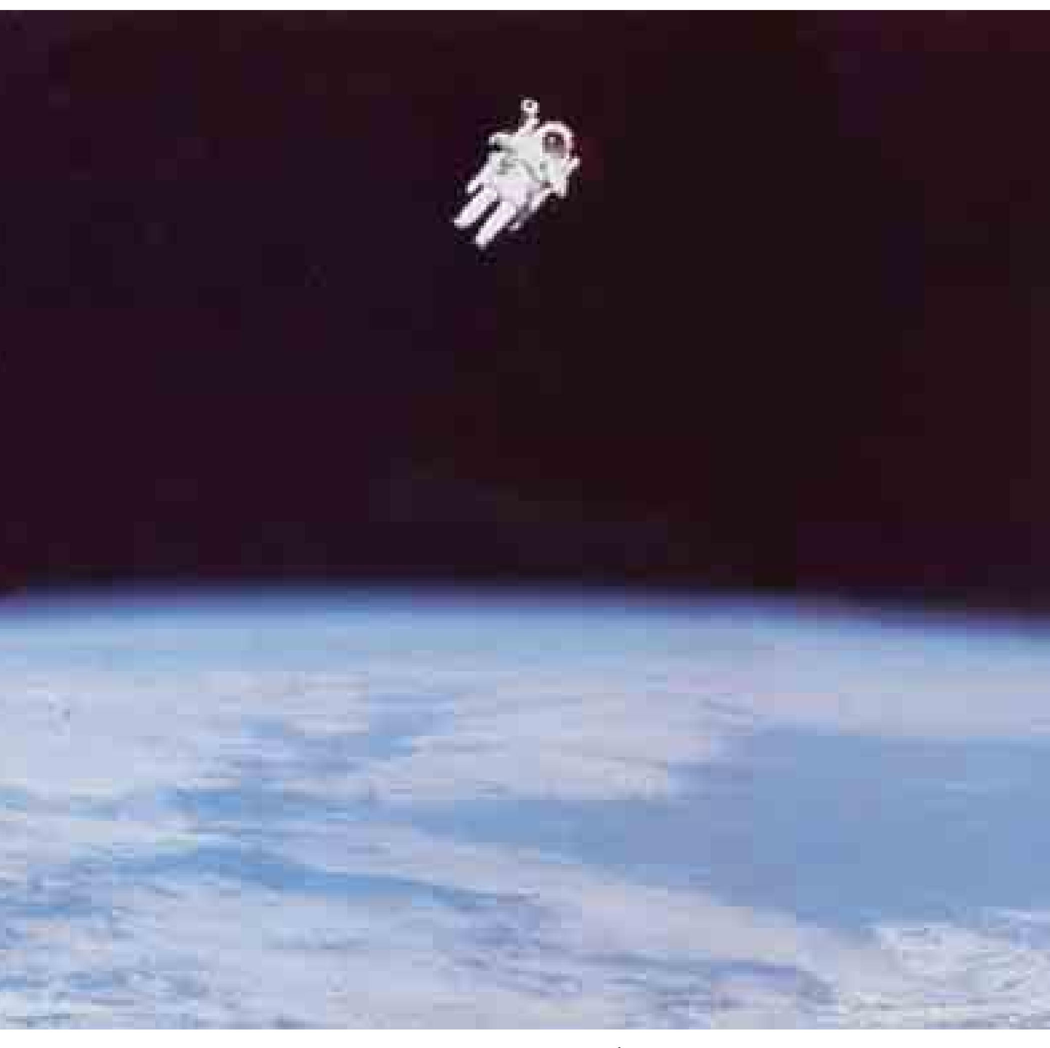


(102) منظر طبيعي من القمر من تخيل لـ ناسا. إنها بانوراما تم إعدادها بالتكنولوجيا الرقمية عن طريق القبة السماوية في أرتيس بأمستردام.



(103) كوكب الأرض والقمر في مقارنة. يزيد قطر كوكب الأرض عن قطر القمر بحوالي أربعة أضعاف، وتزيد كتلتها بحوالي 81 مرة. توضح الصورة الأمريكتين، من نيو إنجلند إلى باتاجونيا ويعكس كوكب الأرض في المتوسط ضوءا للفضاء يصل إلى 4 أضعاف ما يعكسه القمر الترابي.

صور وتعليقات الفصل الرابع عشر



(104) إنسان يدور حول كوكب الأرض ويرى كوكبه الوطن مع «خط رفيع من الضوء الأزرق الغامق»: إنه رائد الفضاء بروس ماكاندليس في وحدة المناورات البشرية في فبراير 1984. تم التقاط الصورة من المكوك الفضائي تشالنجر.



(105) أ- شروق كوكب الأرض من على سطح القمر. بدرجة الوضوح في هذه الصورة، نجد أنه حتى قارات كوكب الأرض لا تبدو مرئية.



ب ـ سطح كوكب الزهرة الملفوح بفعل الحرارة الشديدة، كما شاهدته، للمرة الأولى، السفينة ڤينيرا، وهو يرجع لتأثير ثاني أكسيد الكربون الضخم الناجم عن الدفيئة.



(106) صورة بالردار زائفة الألوان لجبل بيناتوبو في الفلبين. إن الحفرة أو الفوهة البركانية الأساسية، الناجمة عن انفجار يونيو 1991 الكبير، يمكن رؤيتها عند حدود الألوان البرتقالية/ البنية والألوان الأفتح. معالم مصارف المياه الداكنة هي تدفقات طينية، ومصدر خطر دائم في ظل الأمطار الثقيلة. تساقط بعض القطرات الدقيقة من حامض الكبريتيك في الستراتوسفير، عن طريق انفجار بيناتوبو، ويسفر عنها آثار عالمية النطاق، فهي تضيف استنفاذا مؤقتا لطبقة الأوزون وتبطئ من اتجاه التدفئة الذي يُعزى إلى تأثير متعاظم للدفيئة. (تم الحصول على الصورة من رادار محمول في الفضاء على متن مكوك الفضاء إنديفر في المدار 78 في 13 أبريل 1994.



(107) تربة مريخية في ظل الأشعة فوق البنفسجية. في الصورة اليسرى، نجد ذراع جمع العينات، التابع للسفينة ڤايكنج، يدفع صخرة ذات بثور بعيدا عن الطريق حتى يتمكن من الحفر. وبعد الحصول على عينة التربة (الصورة اليمنى)، جرى تحليلها داخل سفينة الفضاء، ولم يتم الكشف عن أي كمية ولو ضئيلة جدا من المادة العضوية. وعلى خلاف كوكب الأرض، فإن المريخ ليس لديه غلاف من الأوزون.





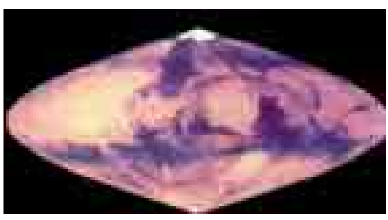
(108) أ. قمر صناعي لمراقبة كوكب الأرض في المستقبل، فوق اليابان. (قام بالرسم بات رولينجز).



ب ـ «العناية بالموارد الطبيعية». رسم بالألوان المائية قام به چريج مورت.

صور وتعليقات الفصل الخامس عشر

(409) منطقة أوكسيا بالوس (Oxia Palus) على سطح المريخ، بين خط الاستواء وخط عرض 25 شمالا، في اليسار لأعلى، موقع هبوط السفينة ڤايكنج - 1 في كريس بلانيتيا (Chryse Planitia)، وهناك فيضانات عظمى شقت هذه المنطقة منذ بلايين السنين، ولكن تناثر روافد وديان الأنهار، هنا، تشير إلى تدفق المياه من الجوف بدلا من أن تسقط من السماء كأمطار، ولقد كان من المستهدف أصلا أن تهبط السفينة ڤايكنج-1 عند نقطة التقاء هذه القنوات المتدفقة، ولكن اعتبارات الأمان تدخلت. إن السبب في أن مناخ المريخ الآن يختلف كثيرا عن تلك البيئة الدافئة الرطبة التي كان عليها منذ أربعة بلايين عاما غير معروف. وفي الناحية اليمنى أسفل الصورة نجد فوهه على اسم جاليليو.



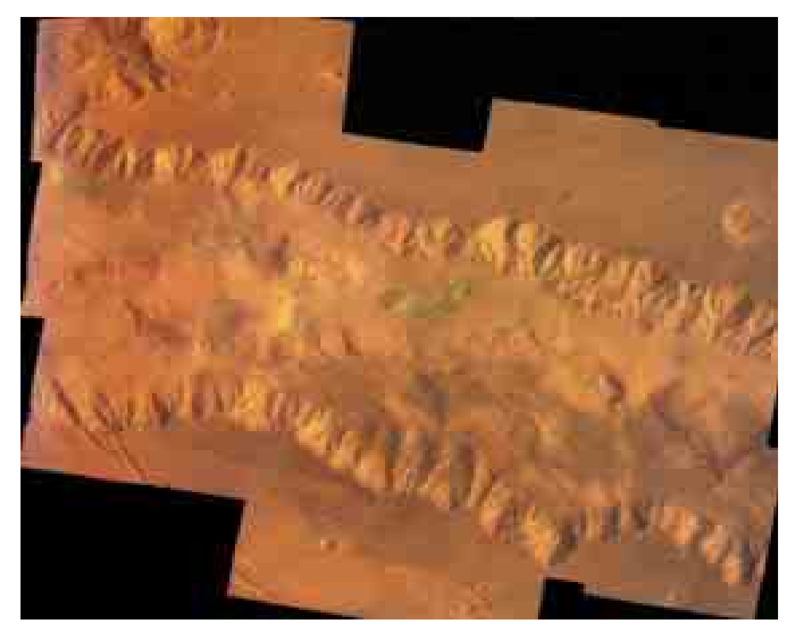
(١١٥) أ- مسقط متساوي المساحة لكوكب المريخ كله، في صورة بطريقة الموزاييك من إنتاج السفينة ڤايكنج. القمتان، الشمالية الكبيرة والجنوبية الصغيرة وهي السمة البارزة تتعاظمان وتتضاءلان وفقا للفصول، يشير اللون الباهت المائل للاصفرار- السمة الدائرية في الجنوب - إلى هيلاس (Hellas) - إنه حوض تصادم عملاق مملوء بالتراب، وربما كان بحيرة منذ بلايين السنين، إن وضوح هذه الصورة يمكن مقارنته تقريبا بوضوح أفضل عمليات المحتمل أن نعرف لماذا كان يتكون لدى بعض رصد بالتلسكوب من على سطح كوكب الأرض، وربما من المراقبين البصريين الأوائل انطباع بوجود «قنوات».





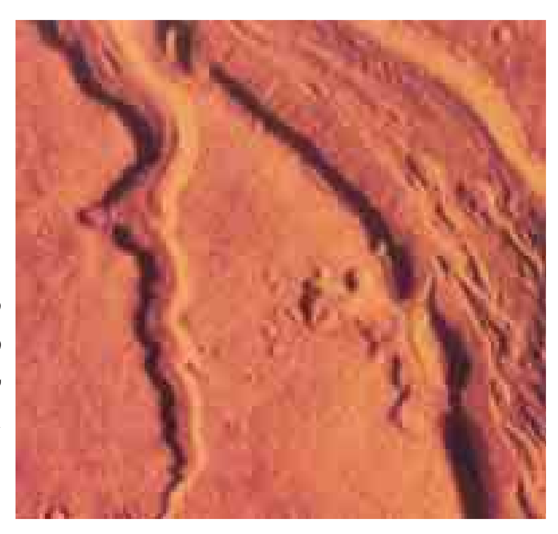
ب - الوادي المتصدع الكبير الذي يبلغ طوله 5 آلاف كيلومتر، ويطلق عليه اسم فاليس مارينيريز (Vallis Marineris) يحيي ذكرى سفينة الفضاء مارينر -9، التي كانت أول سفينة تكشف عن المريخ الحديث. وفي الغرب منه نشاهد أحد البراكين على هضبة إليزيوم (Elysium)، (صورة بطريقة الموزاييك، من إنتاج السفينة ڤايكنج).

جـ - صورة ذات وضوح عال لمركز وادي ڤاليس مارينيريز، ويصل ارتفاع أوجهه الرأسية إلى كيلومترات عدة (صورة بطريقة الموزاييك من إنتاج السفينة ڤايكن).

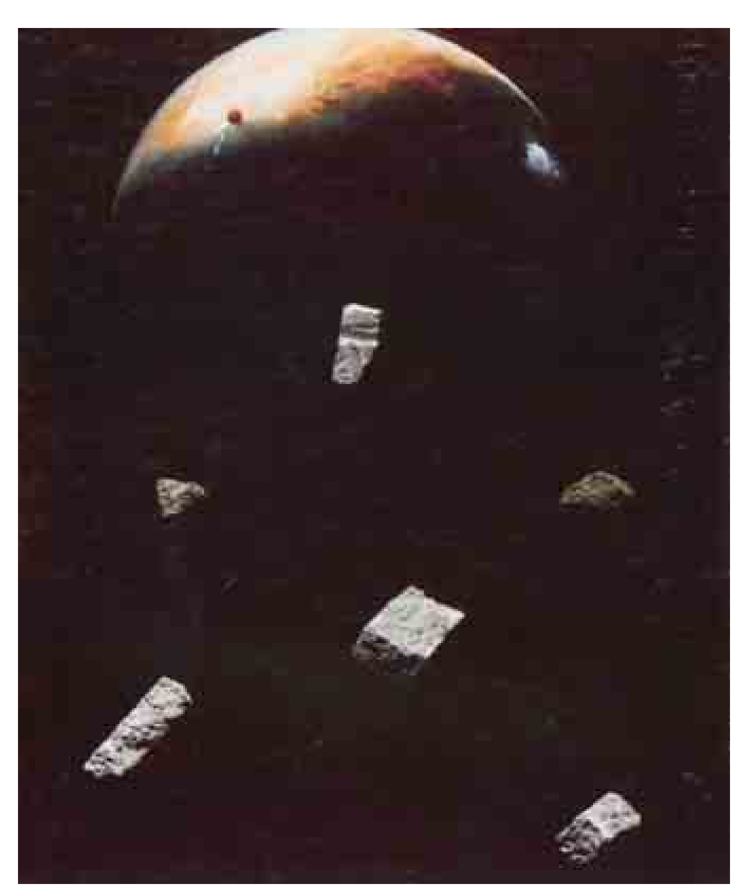


(111) بعض التفاصيل في الجزء الداخلي من الوادي المتصدع ڤاليس مارينيريز، أرضية الوادي مملوءة بأنقاض كانت قد انزلقت من أوجه الجرف في كتل ضخمة، (صورة بطريقة الموزاييك من إنتاج السفينة ڤايكنج.

(112) أ- صورة بطريقة الموزاييك لشبكة وديان أنهار غنية. إنتاج السفينة مارينر-9.



ب - الجزء الداخلي من وادي نهر مريخي كما شاهدته السفينة ڤايكنج. إن مثل هذه الأماكن هي المواقع الأولى للعربات الجوالة المستقبلية.



(113) أ- ستة من نيازك «سنيك» العشرة المعروفة، كما لو كانت في طريقها إلى كوكب الأرض من المريخ في هذه الصورة التي صنعت بطريقة المونتاج، إن غازي الأكسجين والهيدروجين المرتبطان بمعادن هذه النيازك يتسمان بالتركيبات موحدة الخواص التي تميز الغلاف الجوي للمريخ.

ب - قطرة من ماء مريخي مستخلصة من نيزك «ستيك» .



(114) أ- حوض تصادم عملاق على كوكب المريخ: أرجير بلانيتيا (Argyre Planitia) في نصف الكرة الجنوبي، وهناك دليل على أن هذا الحوض كان مملوءا بالماء منذ بلايين السنين.



ب - منطقة مارجاريتيفر سينوس (Margaritifer Sinus) على كوكب المريخ، بين خط استوائه وخط عرض 30 جنوبا، ونرى في القمة يسارا الطرف الشرقي للوادي المتصدع الضخم المعروف باسم فاليس مارينيريز (Vallis Marineris)، وتشتمل هذه المنطقة على كثير من وديان الأنهار الصغيرة ذات الروافد، هل تكونت هذه الأنهار عن طريق سقوط الأمطار.



(115) أ- ڤايكنج - 1 على المريخ، الهيكل الطويل على اليمين هو ذراع التطويل الذي يدعم هوائي الكسب الذي يعيد البيانات إلى كوكب الأرض ويستقبل منها الأوامر.



ب - تلال رملية في موقع ڤايكنج -1.

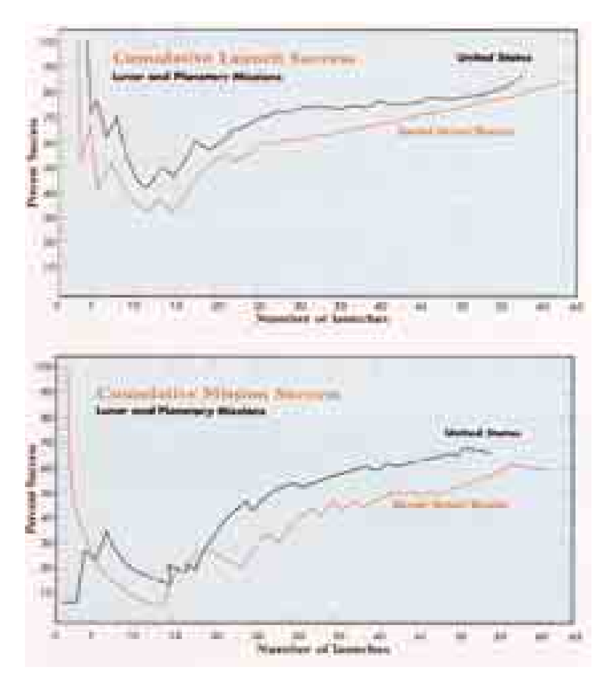


(116) أ- صورة من ڤايكنج بطريقة الموزاييك في هضبة إليزيوم (Elysium)، حقول من خطوط الريح البراقة يمكن مشاهدتها على السطح الداكن (بالإضافة إلى خطوط داكنة بارزة في الأسفل يمينا). إن الرياح شديدة السرعة التي تسببت في هذه الخطوط قد انحرفت من الجهة الشمالية الشرقية.

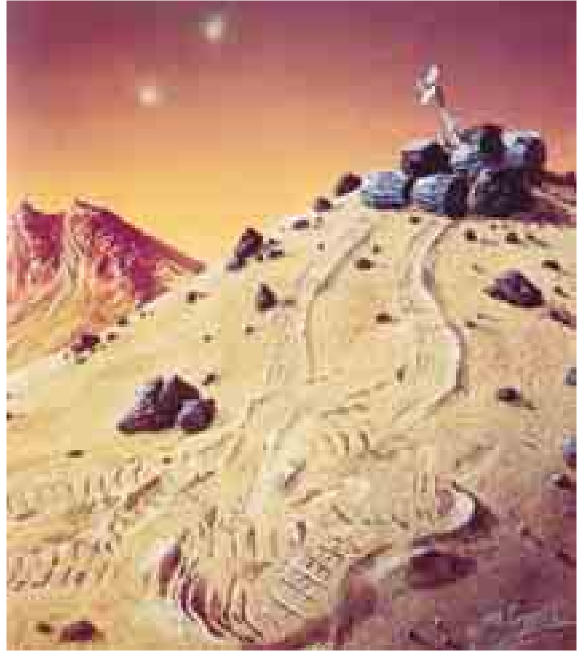


ب - القمر الداخلي فوبوس أعلى سطح المريخ. (لقد أمكن الحصول على هذه الصورة من بعثة فوبوس -2 السوڤييتية، عولجت البيانات عن طريق هيئة المسح الجغرافي بالولايات المتحدة).

جـ - القمر المريخي الخارجي، ديموس، يبدو هنا في صورة سلبية (نيجاتيف) بهدف إبراز التفاصيل، (تم التقاط الصورة عن طريق ڤايكنج، وقامت هيئة المسح الجغرافي بالولايات المتحدة بمعالجتها).



(117) أ. معدل نجاح بعثات الولايات المتحدة والبعثات السوفييتية/الروسية إلى القمر والكوكب - لعمليات الإطلاق الناجحة انظر الرسم العلوي، وللمهمات الناجحة انظر الرسم السفلي، يبدو واضحا معدل منتظم للتعلم، ولكن الإخفاق في المهمات يعد أمرا يتعذر اجتنابه.



ب ـ روبوت متجول يمتلك قدرة عالية على المناورة (لاحظ آثاره على السطح)، يمر عبر سطح المريخ، ومن الملاحظ أن هوائي الروبوت متجه نحو كوكب الأرض، (قام بالرسم ميشيل كارول).



(118) صورة من ڤايكنج بطريقة الموزاييك توضح أنماطا عدة مختلفة من التضاريس، ففي اليمين لأعلى نجد قنوات تتدفق نحو حافة الفوهات التي كانت مملوءة ذات يوم بالماء، وفي الوسط لأسفل، يوجد حقل من الفوهات المقترنة بخطوط الريح اللامعة. وما تزال طبيعة المادة الداكنة التي تملأ كثيرا من أرضيات الفوهات غير معروفة بعد، ربما تكون ببساطة رواسب من حبيبات أكبر وأقل استعدادا للنقل من تركيب الرواسب اللامعة نفسه التي تغطي هذه المنطقة من المريخ.



(١١٩) أ- الصورة اليسرى: مشهد مائل تجاه الأفق فوق حوض أرجير (Argyre) والأراضي الجنوبية المرتفعة.



ب - الصورة اليمنى: يمكن مشاهدة طبقة غبار جوي منفصلة، ترتفع في آخر عاصفة ترابية ورملية.



(120) أ ـ مواقع أوليمبوس مونس (Olympus Mons) عاليا فوق السحب المحيطة، وفقا لتخيلات السفينة ڤايكنج.



ب ـ أحد مواقع الهبوط العديدة المقترحة لبعثات التجول المستقبلية إلى كوكب المريخ، منطقة لطيفة بالقرب من وادي النهر القديم مانجالا فاليز (Mangala Vallis) (صورة من ڤايكنج بطريقة الموزييك).



صور وتعليقات الفصل السادس عشر

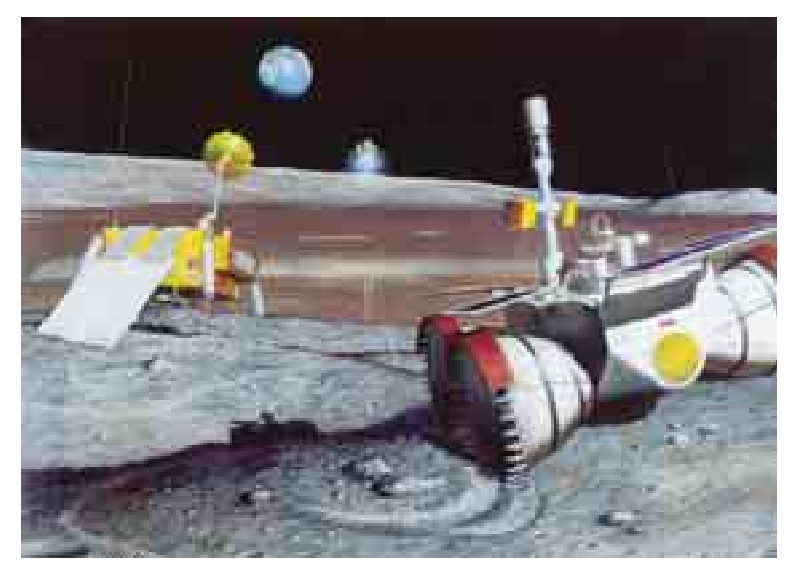
(121) نظرة لأسفل، إلى غرب أستراليا. خليج تحميل المكوك الفضائي اندوڤر يبدو في مطلع الصورة. ويقترب رائد الفضاء ستوري مسجريف من تلسكوب هابل الفضائي (الأسطوانة اليمنى القائمة). في مهمة للإصلاح بلا خطأ تحتاج إلى خمس «مشيات» فضائية، وقد تم تثبت التلسكوب، قصير النظر، بعدسات تصحيح. وهناك بعض النتائج المثيرة، التي يمكن الاطلاع عليها في أماكن أخرى من الكتاب.



(122) أ- ملتقى المكوك الفضائي ومحطة مير في المرحلة الأولى من التعاون الأمريكي - الروسي - مع شركاء دوليين آخرين - وذلك لبناء محطة فضاء دولية.



ب - ملتقى سفينتي فضاء مستقبليتين فوق سطح القمر.



(123) أ ـ عربة روبوت مريخية (في مقدمة الصورة) يجري اختبارها على سطح القمر .



ب ـ عربة دفع كهربية مستقبلية تقترب من



(124) أ ـ النتيجة الأشد إثارة ولكن ربما الأقل احتمالا بالنسبة لاستكشاف المريخ: اكتشاف حضارة قديمة غير معروفة. هنا، كرة كوكب الأرض كما ظهرت من 250 مليون سنة تبرز إلى النور، محفورة بنقوش هيروغليفية غير معروفة.

ب ـ اثنان من رواد الفضاء من الغرب والشرق يقتربون من مهبط ڤايكنج - 2 عى يوتوبيا بلانيتيا (Utopia Planitia) بالمريخ. في ضوء الصباح الباكر يصعب تبيان العلم المحمول. ربما علم كوكب الأرض.

صور وتعليقات الفصل السابع عشر

(125) مذنب يندفع إلى كوكب المشتري. أكبر قطعة، الشظية G، من المذنب شوميكر ليفي- 9 تصطدم بالمشتري في 18 يوليو 1994. صورة بالأشعة تحت الحمراء عند طول موجة قدره 3,2 ميكرون قام بالتقاطها بيتر ماكجريجور (تلسكوب جامعة أستراليا القومية في سيدينج سبرنج).

(126) أ- إن حلقات زحل، بالمقارنة بعرضها، أرفع من قطع الورق المطبوعة عليها هذه الكلمات. وإذا ما نظرت للحلقات من جانبها، تجدها تختفي تقريبا. (صورة مغرزة الألوان من ڤويبچر).



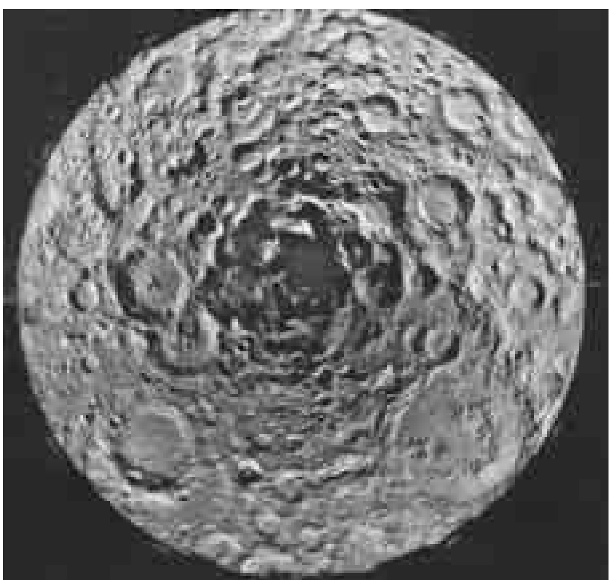
ب- إحدى التفاصيل المعقدة من بين مئات الحلقات التي تدور حول زحل. ونرى في هذه التفاصيل تاريخ الكوارث القديمة (صور من ڤويبچر).

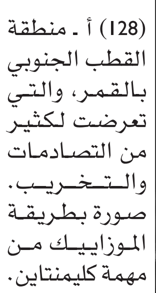


(127) أ- صورة لسطح أحد الكويكبات السيارة يقترب من القطب الشمالي للمريخ (قام بالرسم ويليام ك. هارتمان).



ب - تمثيل برذاذ الهواء للقمر المريخي فوبوس، الذي كان يعتقد أنه كويكب سيار أُسر داخل حزام رئيسي. يبلغ طول القمر حوالي 10 كيلومترات- إنه حجم العالم الذي أنهى عصر الديناصورات على كوكب الأرض منذ 65 مليون سنة.





(128) أ ـ منطقة القطب الجنوبي بالقمر، والتي تعرضت لكثير من التصادمات والتخريب. صورة بطريقة الموزاييك من مهمة كليمنتاين.



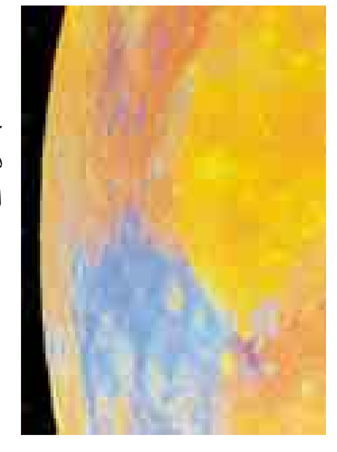
ب ـ تضاريس تصادم على كوكب عطارد. وتبدو الاصطدامات واضحة عبر أنحاء المنظومة الشمسية، من أقرب الكواكب هنا إلى أقمار الكواكب الخارجية. وكانت هذه التصادمات العنيفة تحدث بشكل روتيني خلال التاريخ المبكر للمنظومة الشمسية. صورة بطريقة الموزاييك من مهمة مارينر- 10.



(129) أ- أحواض قمرية مغمورة بالحمم، وذات فوهات قليلة- إنها تشير فحسب إلى تلك العوالم الصغيرة التي صدمت بعد تجمد الحمم.



ب - فوهات تصادم تتناثر هنا وهناك على سطح كوكب الأرض أيضا- ولكنها ليست بكثرة الفوهات الموجودة على القمر نظرا لكفاءة عمليات التعرية على كوكبنا، صورة فوتوغرافية جوية لفوهة نيزكية بالأريزونا، تشكلت منذ ما يقرب من 40 ألف سنة.



جـ- الفوهات بمنزلة نقاط على سطح القمر في اتجاه الأفق في هذه الصورة زائفة الألوان التي التقطتها السفينة جاليليو.



(130) أ- ربما يكون أكثر التصادمات خطورة مع كوكب الأرض هوما حدث منذ 4,4 بليون سنة، مؤديا إلى تشكيل القمر. الجسم المصطدم كان في حجم المريخ تقريبا. ولو كان أكبر من ذلك لدمر كوكب الأرض تماما (قام بالرسم ويليام ك. هارتمان).



ب - الكويكب السيار إيدا 243 بالحزام الرئيسي للكويكبات السيارة، كما التقطت صورته السفينة جاليليو في 28 أغسطس 1993 . يبلغ طول إيدا 52 كيلومترا، ويدور مرة كل 4,6 ساعة. وهو مثقل بالفوهات بسبب التصادمات مع غيره من الكواكب السيارة التي لاتزال صغيرة في حزام الكويكبات السيارة. ونرى قمره في أعلى الصورة.



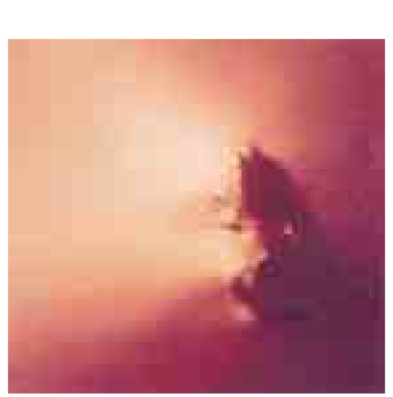
جـ - الكويكب السيار إيدا بالحزام الرئيسي (أعلى) مع قمري المريخ ديموس (يسارا) وفوبوس (يمينا).

(131) أ- جاسبرا، مقارنا بمنظومة الطريق الحر بلوس أنجليس.



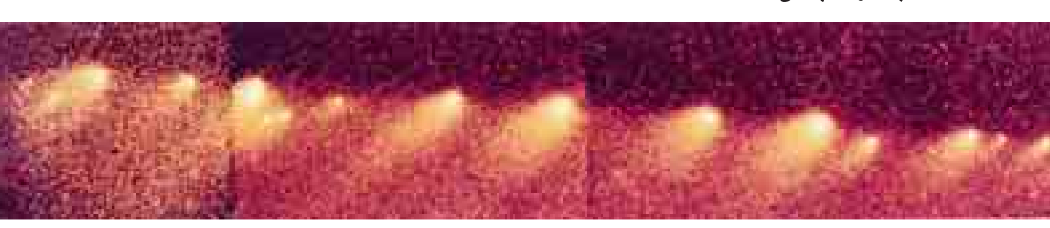
ب - صورة التقطتها سفينة الفضاء جاليليو للكويكب السيار جاسبرا- 951 بالحزام الرئيسي، عندما زارته السفينة في مسارها الطويل نحو المشتري.



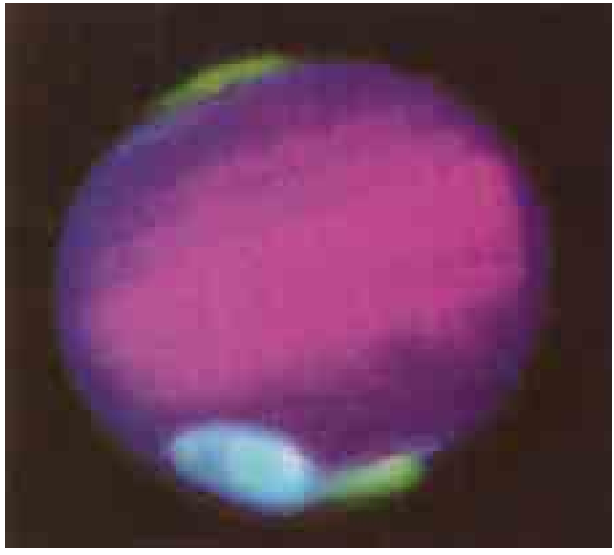


جـ - منظران لنواة مذنب هالي. وتبدو النواة داكنة جدا ومغطاة بمادة عضوية. تدفقات بخار الماء والجزيئات الدقيقة تندفع خارج سطحه. حيث سيتم تشكيلهما، عن طريق ضغط ضوء الشمس والرياح الشمسية، حتى يكونا ذيلا مجيدا. يبلغ عرض مذنب هالي حوالي 10 كيلومترات، وهو حجم الجسم نفسه الذي اصطدم بالأرض خلال الفترة الممتدة من العصر الطباشيري إلى العصر الثلاثي وقد التقطت الصورتان من كاميرا متعددة الألوان على متن السفينة جاليليو التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية.

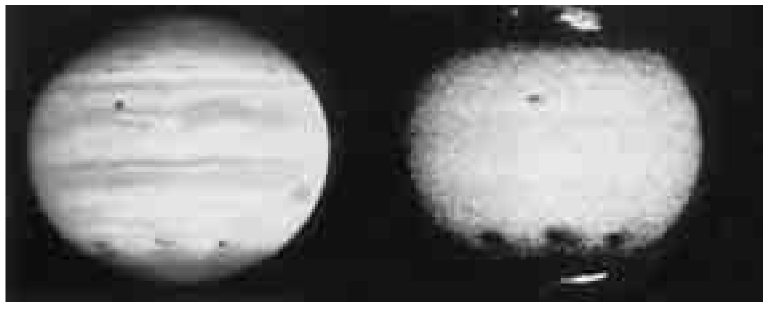
(132) أ ـ مشاهدات لمكونات المذنب شوميكر- ليفي- 9 في ربيع وصيف العام 1993 . ومع مرور الوقت، وعلى الرغم من انحصار الشظايا في المدار نفسه، فإنها تنفصل عن بعضها البعض.



ب ـ شظايا المذنب شوميكر- ليفي- 9، طبقا لرؤية تلسكوب هابل الفضائي، مطمورة في سحابة ترابية مضاءة بالمذنبات.



(133) أ- القطعة الكبيرة، الشظية G، من المذنب شوميكر- ليڤي- 9 تصطدم بالمشتري. وتبدو الذؤابة والحلقة المحيطة بها من الغاز الساخن واضحة باللون الأزرق الفاتح في هذه الصورة زائفة الألوان في ضوء الأشعة تحت الحمراء.

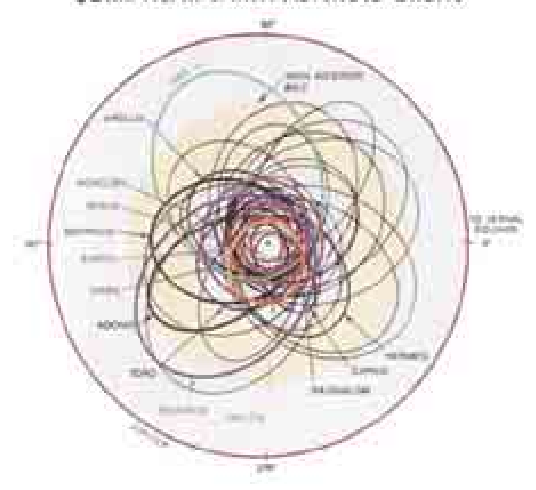


ب - صورتان للمشتري التقطتا في 17 يوليو 1994. الصورة اليسرى في ظل الضوء البنفسجي، أما اليمنى ففي الضوء فوق البنفسجي. النقاط الثلاث الداكنة في نصف الكرة الجنوبي تمثل مواقع التصادم للشظايا C وA وE، من اليسار لليمين، للمذنب شوميكر- ليڤي- 9. تبدو هذه البقع الداكنة كبيرة بحجم كوكب الأرض في الضوء البنفسجي. وتبدو أكبر حجما في الضوء فوق البنفسجي. وقد يرجع وجود هذه البقع إلى الجزيئات العضوية المعقدة المحمولة من المذنب إلى المشتري، أو المتولدة في الغلاف الجوي للكوكب عن طريق موجات التصادم للمذنب. لاحظ أن القمم القطبية البنفسجية وفوق البنفسجية الداكنة، ربما نتجت عن جزيئات عضوية معقدة تولدت بفعل الإلكترونات التي تتدفق داخل الغلاف الجوي والمجال المغناطيسي للمشتري بالقرب من القطبين، إن الزخارف اللامعة عند القطبين تمثل الفجر بالكواكب الشبيهة بالمشتري، وقد تم الحصول على هذه الصور عن طريق الكاميرا الكوكبية رقم 2 ذات المجال الواسع بتلسكوب هابل الفضائي.

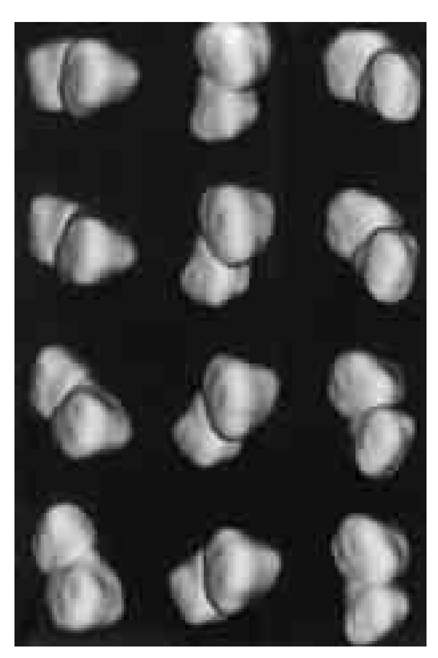
(134) أ- تصادم الشظيتين A، C من شظايا المذنب شوميكر- ليڤي- 9 بكوكب المشتري (الجهة السفلية يسارا). وقد قام مرصد كيك في هاواي بالتقاط هذه الصورة- إنه أكبر تلسكوب ضوئي في العالم.



ب - إحدى مكونات المذنب شوميكر- ليف ي- 9 تصطدم بالغلاف الجوي لكوكب المشتري، وتتحرك في اضطراب كرة نارية مرتفعة من الأعماق لأعلى. (قام بالرسم دون ديڤيز).



(135) أ- عينة من عدد قليل من الكويكبات السيارة الأكبر والتي يقدر عددها بحوالي 2000 وتتقاطع مداراتها مع مدار كوكب الأرض. مدارات عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشتري موضحة باللون الأحمر. عاجلا أم آجلا، فإن البعض من هذه العوالم الصغيرة سوف يصطدم بكوكب الأرض.



ب - ضروس غير محددة الهوية تطير: نرى في الصورة نموذجا من صنع الكمبيوتر للكويكب السيار كاستاليا 4769 القريب من كوكب الأرض، ويدور حول محور رأسي. ويعتمد النموذج على بيانات رادار أرسيبو التي حصل عليها ستيڤن أوسترو وزملاؤه بمختبر الدفع النفثي في العام 1989، عندما كان الكويكب السيار يبعد بمسافة 5,6 مليون كيلومتر (3,5 مليون ميل). وعند درجة وضوح أعلى، تبدو علامات التصادم على هذا العالم المزدوج. وربما تشكل عندما تلامس أحد الكويكبات السيارة برفق مع كويكب سيار آخر، وهي عملية يمكن أن تلقي الضوء على أصل الكواكب.



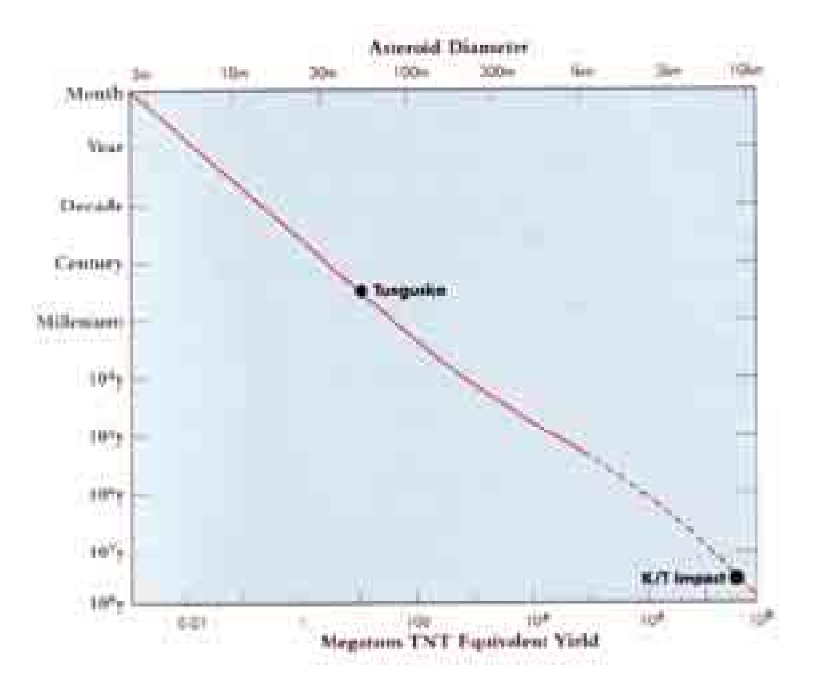
صور وتعليقات الفصل الثامن عشر

(136) العصر الطباشيري من العصور الچيولوجية ينتهي: كويكب سيار أو مذنب يبلغ قطره 10 كيلومترات يرتطم بكوكب الأرض بالقرب مما يطلق عليه اليوم شبه جزيرة يوكاتان. ونتيجة لذلك، تنقرض جميع الديناصورات و75٪ من الكائنات الحية الأخرى على كوكب الأرض (قام بالرسم دون ديڤيز).



(137) أ- جسم بين كوكبي، ربما شظية من مذنب، تتحرك بسرعة خلال الغلاف الجوي لكوكب الأرض، وتتشتت قبل اصطدامها بالسطح. (يمكننا رؤية نجوم عدة. وتمر الكرة النارية، بمحض المصادفة، مرورا مباشرا أمام مجرة لولبية بعيدة). إن الأجسام المتصادمة، والتي تصل أحجامها إلى عديد من مئات الكيلومترات، تهدد الحضارة العالمية. (التقط الصورة: ديڤيد مالين).

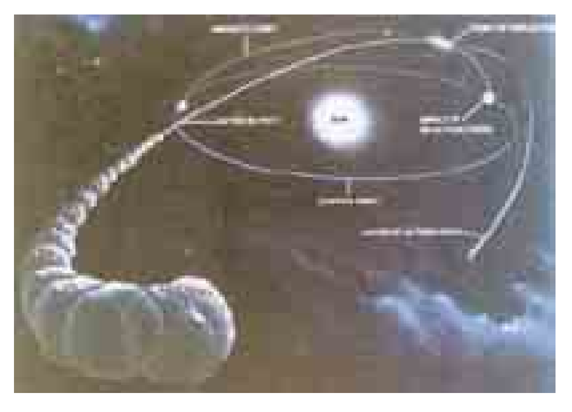
ب - كوكب الأرض، بعد فترة قصيرة من اصطدام كويكب سيار به يبلغ قطره عشرة كيلومترات، أو اصطدام مذنب به، مثل ذلك الاصطدام الذي أدى إلى انقراض غالبية الأنواع الحية على الكوكب منذ 65 مليون سنة. وفي هذه الرؤية الفنية، يجري الاصطدام في الساحل الشرقي للولايات المتحدة بالقرب من واشنطن العاصمة، وتبدأ الفوهة الناجمة عن الاصطدام في الامتلاء بالماء من خليج شيسابيك. وتبدو النيران متقدة في جميع أنحاء كوكب الأرض. (قام بالرسم دون ديڤيز).



(138) ما حجم الكويكب السيار الذي يحدث قدرا من الضرر، وما مدى تكرار اصطدام مثل هذه الأجسام بكوكبنا؟ هذا الرسم البياني، الذي أعده كلارك ر. شامبان من معهد علوم الكواكب في توكسون بولاية أريزونا، وديڤيد موريسون بمركز بحوث أميس التابع لناسا، يلخص أفضل المعارف الحالية، ويمكن قراءة الرسم البياني على النحو التالي: اعتبر النقطة المسماه «تنجسكا» جسما دخل الغلاف الجوي للأرض فوق سيبيريا العام 1908. وفي حين تشتت الجسم قبل أن يحفر فوهة على السطح فإنه كان قويا بما يكفي لتحطيم الغابات، وأن يكتشف في منتصف الطريق حول العالم. إن حدثا مثل «تنجسكا» يمكن أن يجري نتيجة لكويكب سيار يصل قطره لحوالي 50 مترا (المقياس العلوي يشير إلى قطر الكويكب السيار)، كما يمكن أن يطلق طاقة تعادل تقريبا10 ميجاطن من مادة ت.ن.ت (المقياس السفلي يشير إلى الطاقة المعادلة) - إنه ثقيل جدا، ولكنه ليس مثل أقوى الأسلحة النووية المعاصرة. وبقراءة المحور الرأسي، نجد أن علينا توقع اصطدام بمقياس تنجسكا مرة كل قرون عدة. وإذا سرنا لأسفل المنحنى نحو اليمين، نصل إلى أجسام أكبر، وتصادمات أكثر خطورة، وفترة انتظار أطول لحدوثها. ويبدو واضحا في الجانب الأسفل يمينا التصادم الذي حدث خلال الفترة الممتدة من العصر الطباشيري إلى العصر الثلاثي.



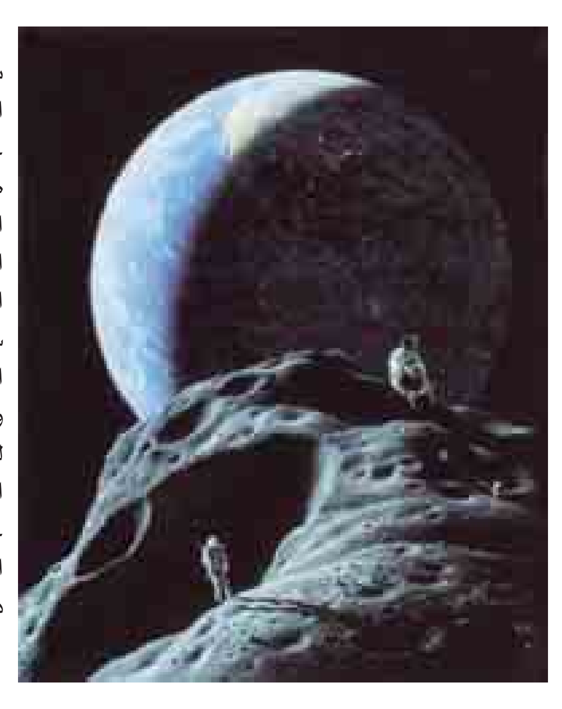
(139) أ ـ لطخة في سحب المشتري تشبه، إلى حد ما، عينا سوداء وهي ناجمة عن الشظية G من المذنب شوميكر ـ ليڤي ـ 9 في الثامن عشر من يوليو 1994. الشكل الكبير البيضاوي القاتم يعادل حجمه حجم كوكب الأرض تقريبا. وهو محاط بموجة صوت منتشرة، ويوجد خارجها لطخة أفتح قليلا. أما البقعة المظلمة الأصغر حجما فهي أثر تصادم الشظية D. وتذكرنا هذه الصورة أن أي مذنب أو كويكب سيار، يبلغ حجمه كيلومترات عدة يمكن أن يولد ركام صخور عبر مساحة سطح كوكب له حجم كوكب الأرض.



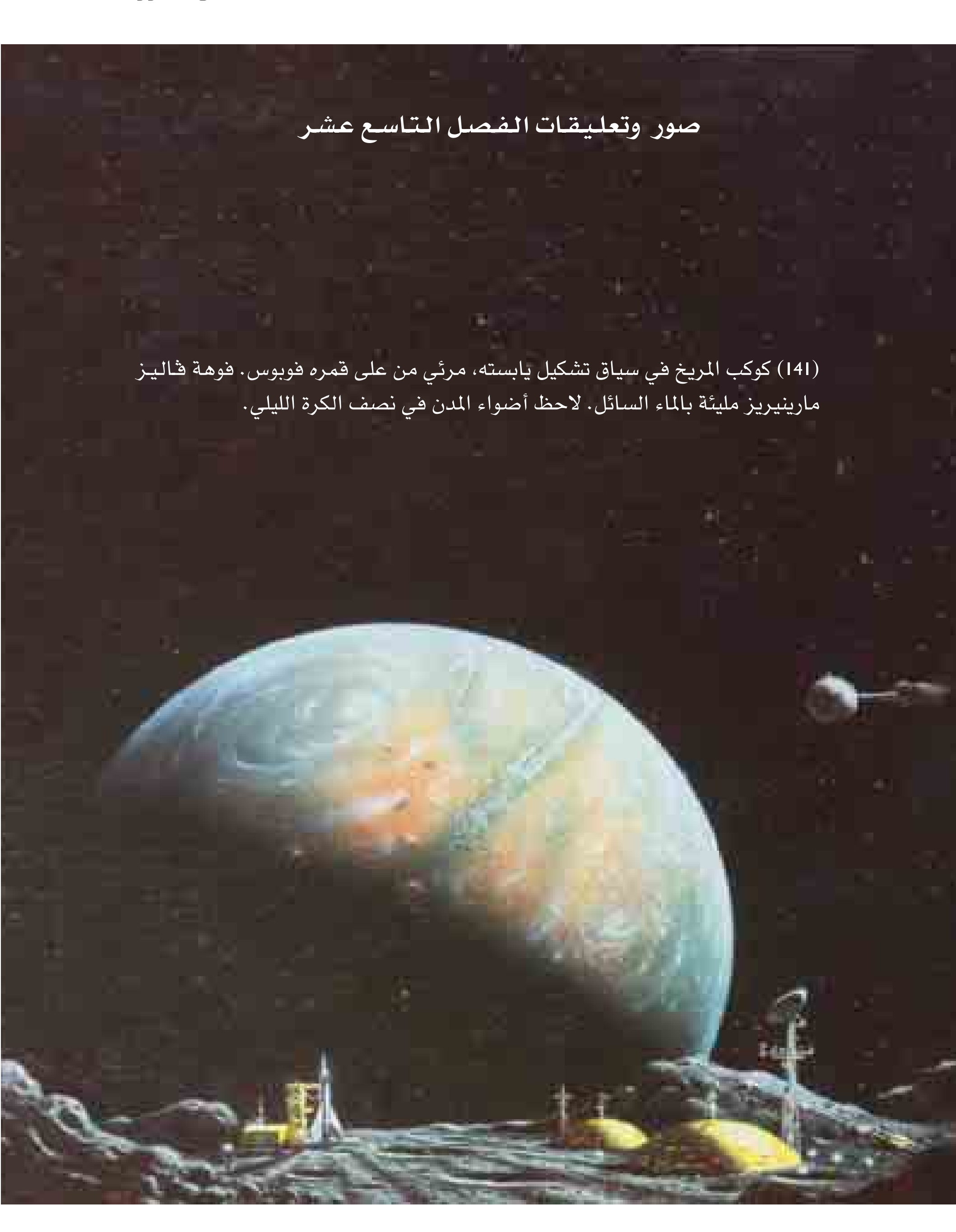
ب ـ تغير مدار كويكب سيار خطير ـ يتحرك (حركة مرتبكة) على طول مداره بعيدا عن عين القارئ في مطلع الصورة جهة اليسار ـ وإذا لم يصادف أي عائق، فإنه سوف يصطدم بكوكب الأرض بعد شهور عدة. وبدلا من ذلك، يمكن في اللحظة المناسبة إطلاق صاروخ أو أكثر من كوكب الأرض (المدار باللون الأحمر) لتفجير أسلحة نووية في المنطقة المجاورة لأقرب نقطة للشمس في مدار الكويكب السيار. إن أي وكزة صغيرة نسبيا تكفي لتغيير المدار (اللون الأرجواني الشاحب) ومن ثم لا يصطدم بكوكب الأرض.



(140) أـ سفينة الفضاء جاليليو تقترب من سلسلة الحزام الرئيسي للكويكب السيار إيدا وقمره. تبدأ السلسلة من القمة يسارا، وتنحني عند قاعدة الصورة، متحركة نحو اليمين إلى القمة، ثم إلى منتصف الصفحة لأعلى، حيث نتصور أن أسطحها فضية. إن كويكبا سيارا يقترب من الاصطدام بكوكب الأرض سوف يُظهر خلال الأيام المتتالية سلسلة من عملية الاقتراب الموضحة جهة اليسار. لاحظ أن أول صورة تبدو بالكاد أكبر من مجرد نقطة. أما التابع، وهو أول ما يتم اقتفاء أثره من الكويكب السيار، فيبدو واضحا في الصورة العاشرة تقريبا.



ب ـ شيء ما في القرن الحادي والعشرين: عندما يمر كويكب سيار صغير بالقرب منا، ويقوم المستكشفون من كوكب الأرض بتحيته. ربما يكون النوع الإنساني عندئذ في سياق اختبار مثل هذه العوالم الصغيرة بحرص ويبدأ في إجراء تجارب لتحويل مسار الكويكبات السيارة ـ بعد أن يتضح عدم إساءة استخدام التكنولوجيا. (قام بالرسم دون ديڤيز).

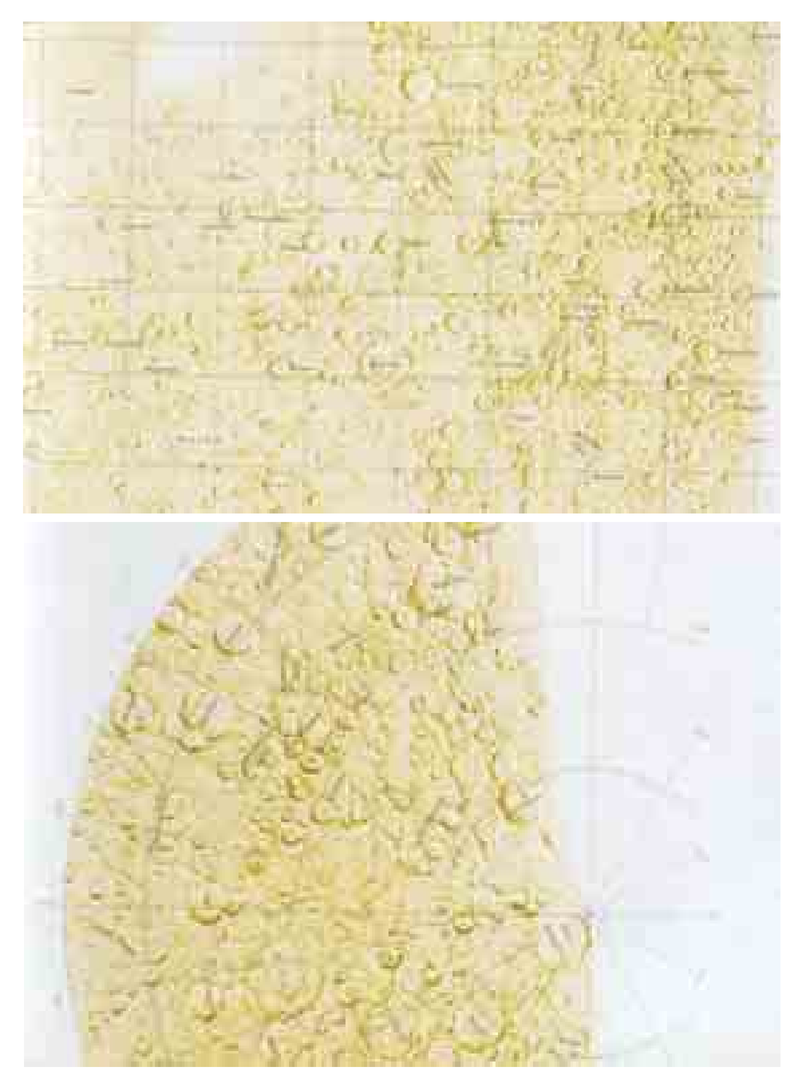


صور وتعليقات الفصل التاسع عشر

(141) كوكب المريخ في سياق تشكيل يابسته، مرئي من على قمره فوبوس. فوهة ڤاليز مارينيريز مليئة بالماء السائل. لاحظ أضواء المدن في نصف الكرة الليلي.



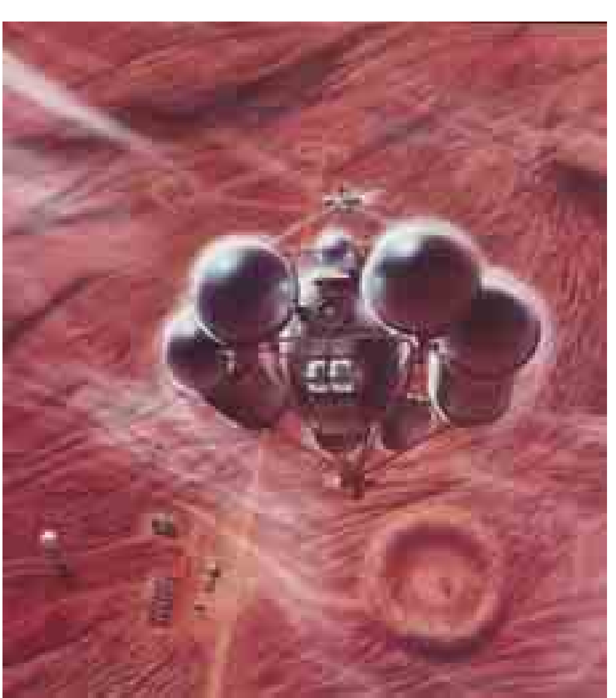
(142) مواطن سطحية أو تحت الأرض على الكويكبات السيارة أو القمر، وهي تبدو ممكنة تكنولوجيا في الفترة الواقعة من منتصف القرن الحادي والعشرين حتى نهايته. ويمكن أن يوفر هذا العالم ذاته العديد من الموارد. ونظرا لانخفاض الجاذبية، يصبح الطيران البشري يسيرا.



(143) يتمثل أحد الأساليب التي اتخذها الإنسان لوضع بصمته على المنظومة الشمسية في إطلاق أسماء أبطال الثقافة الإنسانية على العوالم الأخرى. وفي هذه الخرائط المجسمة المظللة الناتجة عن مسح الولايات المتحدة الجيولوجي لكوكب عطارد، نرى فوهات (في الصورة العليا) لها أسماء أطلقها عليها الاتحاد الدولي للفلكيين - على اسم بيتر إيليتش تشايكوفسكي، وأنطونين دفوراك، وهومر، وهنريك إبسن، وجيرارد كويبر، وهيرمان ميلفيل، وهنري ماتيس، ومارسيل بروست، ورافائيل؛ فضلا عن وديان على أسماء المراصد الراديوية: كورنل في إيرسبيو ومختبر الدفع النفثي في جولدستون. وفي الصورة السفلى، وتقريبا عند القطب الجنوبي، توجد فوهة شاو منج - فو، حيث تشير بيانات الرادار إلى أن الماء الجليدي يمكن أن يكون مختفيا في مناطق مظللة تماما.



(144) أ- جانب من الجهود الدولية لإعداد المريخ لسكنى البشر: رائد فضاء أمريكي يتسلم رسائل من الوطن (عمل فني لـ ناسا، من إعداد بات رولينجز / SAIC).



ب - تغيير المناوبة: أعضاء طاقم قاعدة المريخ يصعدون إلى المدار المريخي ليستقلوا وسيلة انتقال بين كوكبية للعودة إلى كوكب الأرض. (عمل فني لوكالة ناسا، من إعداد بات رولينجز / SAIC).



(145) أ- المراحل الأولى لسكنى البشر على المريخ، كما تصورها تشيسلي بونستل.



ب - سطح كوكب الزهرة كما تخيله فنان الفضاء الرائد تشيسلي بونستل في الخمسينيات. ولقد استنسخت هذا الرسم مرة أخرى في ورقة بحثية علمية العام 1961 حول المريخ، نشرتها في مجلة Science واقترحت في الورقة طريقة لإعادة تشكيل كوكب الزهرة.



(146) أ- نظرة إلى أسفل تجاه القمة القطبية الشمالية لكوكب المريخ. صورة بطريقة الموزايك من إعداد ڤايكنج.



ب - صورة عن قرب للقمة القطبية الشمالية. إن كمية ثاني أكسيد الكربون المحصورة في القمم القطبية للمريخ تبدو غير كافية لتفسير الغلاف الجوي الكثيف المستنتج فيما يتعلق بالمريخ القديم. ربما توجد الكربونات بوفرة في التربة المريخية. ومع ذلك، فإنه من ثاني أكسيد الكربون في القمم القطبية والتربة المريخية ومن غيره من الغازات التي يمكن تصنيعها على المريخ، يبدو الآن ممكنا توليد مفعول دفيئة كاف لتحويل البيئة المريخية إلى ظروف أشبه بظروف كوكب الأرض. صورة بطريقة الموزايك من إعداد ڤايكنج.

(147) أ- مصاطب القمة القطبية الشمالية على كوكب المريخ. ويبدو الغبار والجليد متداخلين، ويحملان بين طياتهما معلومات حيوية حول تاريخ التغير المناخي القديم على المريخ. (قام بالرسم رون ميللر).



ب - تصور فنان عن عملية تشكيل سطح أحد أقمار الكواكب الشبيهة بالمشتري في المستقبل البعيد (قام بالرسم ميشيل كارول).

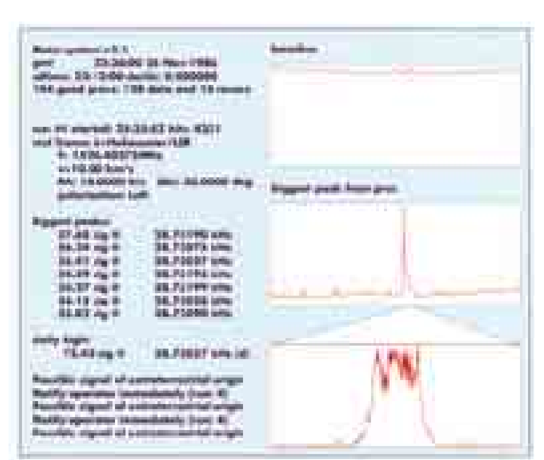


(148) جمعية مستكشفي الفضاء هي واحدة من الجمعيات التي يصعب الانضمام إليها بسهولة: يتحتم أن تكون قد سافرت إلى الفضاء حتى يمكنك الانضمام إليها. إن هذا الملصق الذي يحمل توقيع رواد الفضاء وملاحين من 25 دولة قد أعدّ من أجل الاجتماع السنوي للجمعية العام 1992، والذي كان مكرسا للمهمات البشرية إلى المريخ، وكما يصدق الحال بالنسبة للمريخ نفسه، فإن هذا الملصق هو نوع من أنواع الدعوة للاجتماع. (الملصق من مجموعة الكاتب).



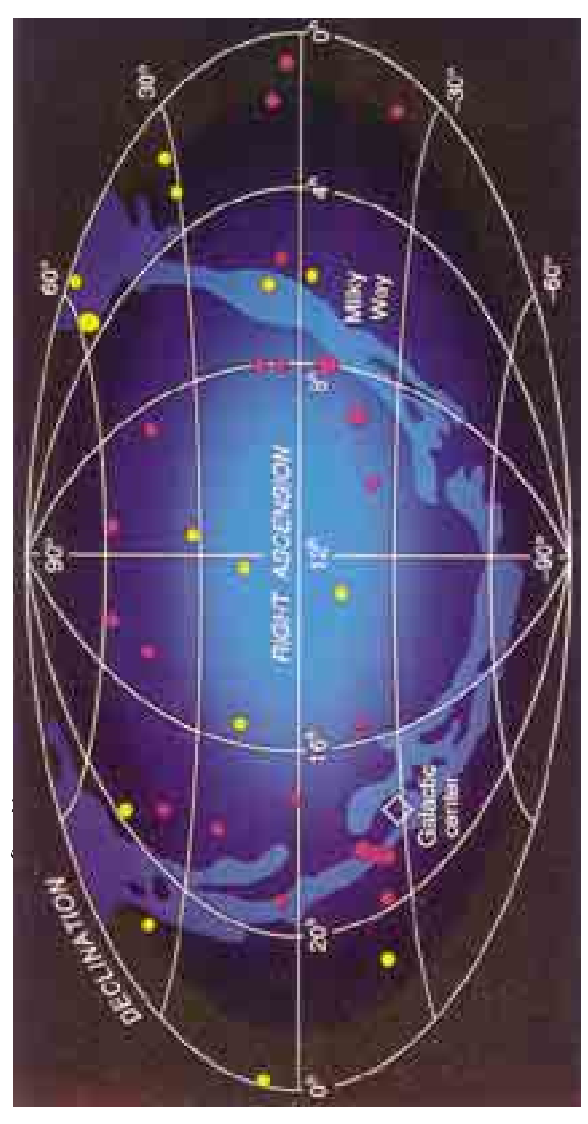
صور وتعليقات الفصل العشرين

(149) التلسكوبات الراديوية تفحص سماء الليل، والتي تبدو مختلفة تماما بموجات الراديو عنها في الضوء المرئي العادي. إن كثيرا من «النجوم» ليست نجوما على الإطلاق، وإنما مجرات راديوية لامعة وأشباه نجوم تبعد بلايين السنين الضوئية. وفي وسط هذه المصادر والضوضاء الراديوية لحضارتنا التكنولوجية، هل يمكننا أن نجد في الظلام دليلا على حضارة أخرى في الفضاء؟.



(150) أ- صورة من البيانات والنظام الخاصين بإحدى الإشارات المرشحة، مشروع «ميتا»، في 26 نوفمبر 1986. من بول هوروفيتز وكارل ساجان - مجلة (Astrophysical)، 20

ب - توزيع المصادر الراديوية للمشروع «ميتا» في السماء. الانخفاض، والارتفاع الأيمن يمثلان الإحداثيين الطولي والعرضي للسماء اللذين يستخدمان في علم الفلك. وفي أعلى، توجد كل الإشارات المرشحة منذ خمس سنوات من الرصد عند التردد السحري 2840 ميجا هيرتز (النغمة التوافقية لـ 1420 ميجا هيرتز من خط الهيدروجين). وهو الذي يتوافق مع المعايير الموضوعة سابقا للذكاء خارج الأرض، بما في ذلك الظهور في قناة مفردة ضيقة (ch). إن الفحص عن قرب يتيح لنا نبذ غالبية البيانات الناجمة عن الضوضاء في الإلكترونيات، أو تدخلات الراديو من كوكب الأرض وسفن الفضاء. ما يتبقى (الصورة السفلية) عند هذا التردد هو أربعة أحداث، وهي تقع بالقرب من السطح المستوي لمجرة درب التبانة (ويبدو واضحا في الشكل بخط منقوط). ويقع اثنان منهم بالقرب من مركز المجرة ونضع عليها العلامة (X).



(151) أقوى 27 إشارة من مشروع «ميتا» والتي تبقى على خداعنا. النقاط الصفراء تحدد الاكتشاف عند 1420 ميجاهيرتز، والنقاط الحمراء عند 2840 ميجاهيرتز. أما النقاط الضخمة، فهي تحدد أقوى خمس إشارات. ومرة أخرى، نلاحظ تمركز أقوى الإشارات بالنسبة لمستوى درب التبانة.



(152) حقل النجوم في كوكبة صليب الجنوب.



(153) رسم كلاسيكي قام به شيسلي بونستل/ الفن الفضائي الدولي، صاروخ من طراز V-2 بالقرب من رافعته المتنقلة وهي في مرحلة الإعداد للإطلاق.

صور وتعليقات الفصل الثاني والعشرين



(154) مستوطنة إحدى الكويكبات السيارة تصل
بعد أن عبرت السنوات الضوئية خلال أجيال عدة
إلى كوكب يشبه كوكب الأرض تابع لنجم آخر (قا
بالرسم ديڤيد أ.هاردي)



(155) أفضل بورتريه لمجرة درب التبانة وفقا للمعرفة المتاحة حاليا. الصورة تم التقاطها من نقطة تبعد تقريبا 60 ألف سنة ضوئية عن مركز المجرة، وحوالي 10 آلاف سنة ضوئية فوق مستوى المجرة. نحن بعيدون جدا، بحيث لا يمكن رؤية سوى النجوم الأكثر إشراقا والغيمات السديمية، وتوجد الشمس في أطراف الذراع اللولبي لكوكبة القوس والرامي - في منتصف الصورة - في منتصف المسافة إلى أسفل من مركز المجرة، (قام بالرسم جون لومبرج، وحقوق النشر - العام 1992 - محفوظة لجون لومبرج والمتحف القومي للأثير والفضاء).



(156) أ- أكثر الصور وضوحا، حتى الآن ملتقطة من تلسكوب أرضي، للغيمة السديمية الكبرى في كوكبة الجبار (Orion) - تبدو في الخلفية النجوم التي تبعد 1500 سنة ضوئية.



ب - صورة عن قرب للغيمة السديمية بكوكبة الجبار، من تلسكوب هابل الفضائي. إن هذه السحابة الضخمة من الغاز تضاء عن طريق نجوم ساطعة ملتهبة وشابة للغاية تقع بالقرب من أسفل الصورة، ويتناثر عبر المركز عدد من الأشياء التي تتخذ شكل الشرنقة. وهذه نجوم شابة، تصل أعمارها إلى عدة مئات الآلاف من السنين فقط، ومحاطة بأقراص من الغبار والغاز، ويصل حجمها تقريبا إلى حجم منظومتنا الشمسية.



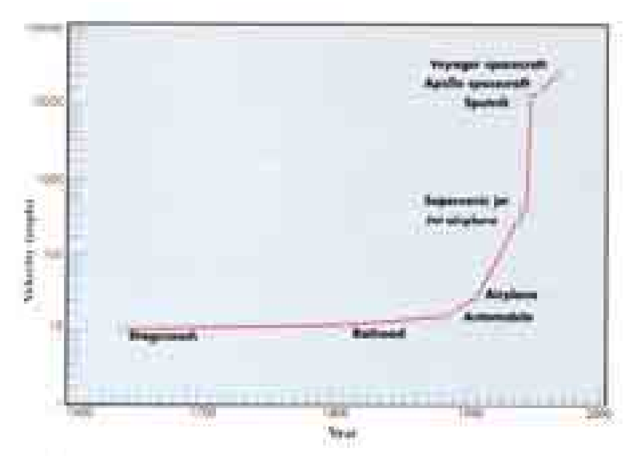
(157) صورة عن قرب لبعض سحب الغاز والغبار الممهدة لتكون الكواكب في الغيمة السديمية لكوكبة الجبار، ومن بين النجوم البالغ عددها 110 التي يجري فحصها هنا، وجدت أقراص حول 56 منها، ويسهل كثيرا اكتشاف النجم عن القرص، ولذا فمن الممكن أن توجد أقراص ممهدة لتكون الكواكب حول كل النجوم الشابة، والتضمين واضح: كثير، وربما غالبية، أو حتى كل النجوم الناضجة لديها منظومات كوكبية. وهذه المسألة تعمل على تشجيع المسافرين الملهمين في الفضاء الواقع بين النجوم.



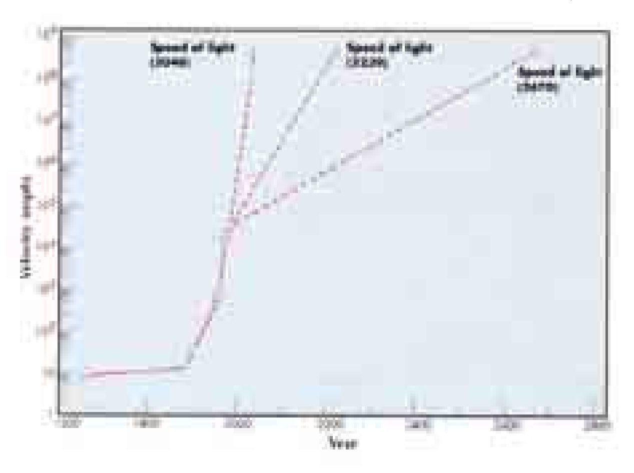
(158) أ ـ كوكب أرضي جديد يدور حول نجم يشبه الشمس في منظومة نجمية ثنائية منفصلة إلى حد بعيد (قام بالرسم دون ديڤيز).



ب ـ قزم نجمي بني اللون، وهو، افتراضا، عبارة عن نجم شديد البرودة، ويعتقد بعض الفلكيين أن هذا النوع من النجوم متوافر في الفضاء الواقع بين النجوم، ويمكن أن تسود على أسطح بعض هذه النجوم درجات حرارة مماثلة لدرجة الحرارة على كوكب الأرض. (قام بالرسم ميخائيل كارول).



(159) أ- سرعة انتقال البشر عبر القرون القليلة الماضية، استطعنا في القرن العشرين تحقيق تحسن بعامل يبلغ 3000 أو نحو ذلك ومن أكثر قليلا من 10 أميال في الساعة بالنسبة للسيارات البدائية، إلى ما يقترب من 30 ألف ميل في الساعة، وهي سرعة السفينة ڤوييچر. ترى، كيف سيستمر هذا الاتجاه؟



ب - تقدير استقرائي بشأن الاتجاهات الحديثة في سرعة الانتقال، المحور الرأسي يبدأ من ميل في الساعة إلى بليون ميل في الساعة أي أكثر من سرعة الضوء بمعدل 50٪، ومادام أخذ أي تقدير استقرائي استثنائي بجدية يعد تصرفا أحمق، فإن التقديرات الثلاثة الموضحة هنا تقترح، على الأقل، أن التكنولوجيا البشرية ستقترب من سرعة الضوء في القرون القليلة القادمة، أو ربما حتى أقرب من ذلك.

(160) أ- عالم قابل للسكنى يشبه كوكب الأرض تقريبا، ويدور في مدار حول أحد الكواكب القريبة الشبيهة بالمشتري التابعة لنجم آخر (قام بالرسم كاسواكي إيواساكي).



ب - سفينة نجمية أيونية قادرة على السفر بسرعة تقترب من سرعة الضوء، تصل إلى كوكب قابل للسكنى تابع لنجم قريب (قام بالرسم ديفيد أ. هاردي - وله حقوق النشر).



(161) أ- سحابة ماجلان الكبرى (LMC)، مجرة تابعة لدرب التبانة تبعد حوالي 170 ألف سنة ضوئية.

ب - تبدو مجرة درب التبانة في سماء ليل أحد الكواكب بسحابة ماجلان الكبرى (LMC) (قام بالرسم: ميخائيل كارول).



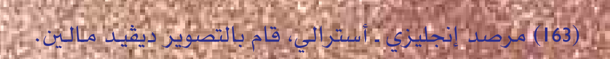
(162) أ. M31 المجرة الكبرى في كوكبة أندرو ميدا مع إحدى مجراتها التابعة) يمكن رؤيتها من خلال مقدمة الصورة التي تضم نجوما من درب التبانة. تبعد M31 بحوالي 2,2 مليون سنة ضوئية.



ب ـ المجرة اللولبية NGC 3628 مرئية من حافتها، (الصورة بإذن من مرصد إنجليزي ـ أسترالي قام بالتصوير ديڤيد مالين).



جـ ـ المجرة البيضاوية الفريدة قنطورس أ، وهي تبعد بمسافة 14 مليون سنة ضوئية.



(163) مرصد إنجليزي ـ أسترالي، قام بالتصوير ديڤيد مالين.

المؤلف في سطور

كـــارل ســاجـــان

* يؤدي كارل ساجان دورا قياديا في برنامج الفضاء الأمريكي منذ بدايته، حيث عمل خبيرا ومستشارا لـ «ناسا» منذ الخمسينيات، كما كان يجري تجارب بشأن بعثات سفن الفضاء المتجهة إلى الكواكب بما فيها أول مهمة كوكبية ناجحة وهي مارينر ـ 2.

* أسهم في فك الأسرار الغامضة المتعلقة بدرجات الحرارة العالية على كوكب الزهرة، والتغييرات الموسمية على كوكب المريخ.

* يعد رائدا في مجالات علمية عدة، منها:

ـ فهم التبعات العالمية للحرب النووية.

ـ البحث الفضائي عن الحياة على الكواكب الأخرى.

ـ رصد الإشارات الراديوية القادمة من حضارات بعيدة في الفضاء.

ـ الدراسات المعملية التي تقود إلى أصل الحياة.

* حصل كارل ساجان على ميداليات من «ناسا» تقديرا لإنجازاته العلمية الفذة. وقد أطلق اسمه على كويكب سيار هو «الاستروید 2709 ساجان»، كما حصل على جوائز من الأكاديمية القومية للعلوم (1994)، ومن الجمعية الفلكية الأمريكية، ومن اتحاد رواد الفضاء السوفييت.

* يعد ساجان من أكثر العلماء قدرة على تبسيط العلوم، وقد ألف كتبا مهمة عدة، منها كتاب «الكون» الذي أصبح أوسع الكتب العلمية



النقد العربي:
نحو نظرية ثانية

تأليف

د. مصطفى ناصف

انتشارا. وقد نشرته «عالم المعرفة» (العدد 178 ـ أكتوبر 1993).

* يشغل ساجان حاليا منصب أستاذ الفلك وعلوم الفضاء في جامعة ديفيد دنكان، ومدير مختبر الدراسات الكوكبية بجامعة كرونيل، ومؤسس مشارك ورئيس الجمعية الكوكبية؛ أكبر المنظمات المعنية بالفضاء في العالم.

المترجمة في سطور

د. شهرت العالم

* بكالوريوس العلوم، من جامعة القاهرة العام 1978.
* دكتوراه في الفلسفة من جامعة موسكو، العام 1988.
* مترجمة بمنظمة تضامن الشعوب الأفروآسيوية.
* من ترجماتها المنشورة:

ـ «النظام الاقتصادي العالمي الجديد» ـ دار الثقافة الجديدة بالقاهرة، 1988.

ـ «الإنسان والثقافة» ـ دار الثقافة الجديدة، 1989.

ـ «الأنهار الأفريقية وأزمة الجفاف» ـ مركز البحوث العربية، 1994.

المراجع في سطور

حسين بيومي

* بكالوريوس العلوم، من جامعة عين شمس ـ 1966.
* مترجم وناقد سينمائي.
* من ترجماته:

ـ آلة الطبيعة ـ المجلس الأعلى للثقافة ـ القاهرة.

ـ ديستويفسكي وعالمه الروائي ـ الهيئة المصرية العامة للكتاب.

ـ له عشرات الدراسات والمقالات، المكتوبة والمترجمة، في صحف عربية عدة.

هذا الكتاب

في هذا الكتاب العلمي المتميز، والذي ظل لفترة طويلة متربعا على عرش الكتب الأكثر مبيعا في الغرب، يقدم كارل ساجان ـ أحد أبرز علماء الفلك والفضاء المعاصرين، والحائز على جائزة بوليتزر ـ منظورا مشوقا حول موقعنا في الكون.

بعد ألف عام من الآن، سوف نذكر عصرنا في وقت نكون قد غادرنا فيه كوكب الأرض للمرة الأولى ورأيناه من وراء أبعد الكواكب كنقطة باهتة زرقاء، ضائعة تقريبا في خلفية من نجوم متناثرة، ومع استكمالنا للاستطلاع الأولي لمنظومتنا الشمسية، فإننا نتوق إلى رؤية طويلة الأمد لمستقبل الإنسان. والآن فإن العالم الفلكي الذي جلب الكون إلى أناس كثيرين يستجيب لتلك الدعوة التي تطرح أن وجودنا ذاته يتوقف على استكشافنا لعوالم أخرى والاستقرار فيها.

إن كتاب «نقطة زرقاء باهتة» يكشف عن مدى ما قادنا إليه العلم من تثوير لفهمنا لموقع أقدامنا، أين نقف؟، ومن نحن؟، وماذا سنفعل بهذه المعرفة؟ وانطلاقا من اعترافنا بموقعنا الحقيقي في الكون، تأتي رؤيتنا للمستقبل مع تأثيرات روحية مدهشة.